別冊

トランジスタ技術 SPECIAL

特集 PC9801と拡張インターフェースのすべて

16ビット・パソコンを使いこなすためのハード&ソフト

No.3

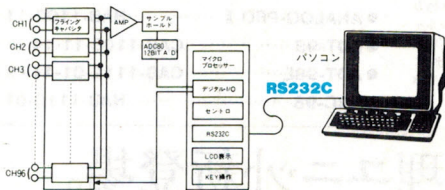
CQ出版社

PARTNER WITH INTELLI GENCE.

例えば華やかに麗しく
ワルツを踊るためには
知性溢れた
とびっきりのパートナーが
必要なように——。

機能性・拡張性を考えると パソコンのベストパートナーは PIUシリーズに なります。

RS232Cをサポートしているパーソナルコンピュータとなら、頼もしいパートナーとなり得るインテリジェントタイプのI/Oユニットが、PIUシリーズです。パソコンの入出力装置として利用できるだけでなく、操作部、表示部を持っていますので、単独でも利用できます。機能面では、CPUを内蔵したインテリジェントタイプのためパソコンの負担を軽減でき、他にカレンダー付クロック、データのバックアップ機能なども備えています。また従来のように、パソコンと専用のインターフェイスによる構成システムでは、拡張性、耐ノイズ性、機能性などに問題がありましたが、PIUシリーズは多チャンネルでしかもすべての入出力がアイソレーションしてありますので、現状の不満も解消されるでしょう。お手持ちのパソコンとベストリレーションとなるPIUシリーズを、どうぞお選び下さい。

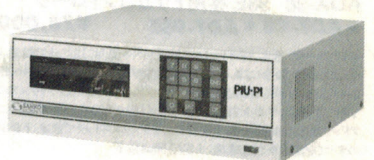
パソコン領域をぐんと拡げる PIUシリーズ

PIU-AD

- アナログ入力96点、64点、32点、各タイプ
- 0～10V・±5V・1～5V・4～20mA
- フライングキャパシタ方式にて各入力は絶縁 12BIT、A/D使用
- 内部クロックにより1分・10分・1時間の平均値と現在値データ有り
- スキャニングにて96点をA/D変換しており96点のループ時間は10秒・20秒・30秒の切換式

PIU-DIO

- デジタル入力128点、出力128点
- 無電圧有接点入力、300mAオープンコレクタ出力
- フォトカプラにて絶縁
- 接点入力電源(+24V)は内蔵、オープンコレクタ用電源は内蔵せず

PIU-PI

- パルス入力256点
- 無電圧有接点入力(ON30mS以下OFF40mS以上―チャタリング5mS以下)
- フォトカプラにて絶縁
- パルス数の積算カウント機能、カウンタは各チャンネル毎に0～99999まで指定CHのみカウントクリア可

PIU-DA

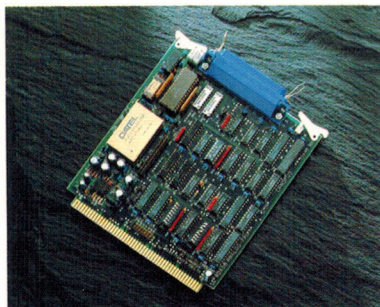
- アナログ出力64点、32点
- 0～10V、±5V、1～5V
- フォトカプラにてデジタル側で絶縁シングルエンド
- 12BIT、D/A使用、キーボードより出力値の設定も可

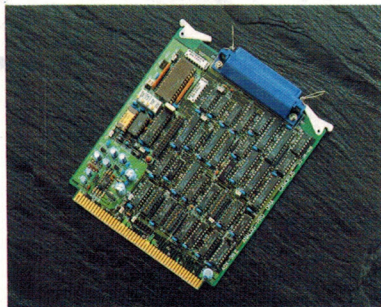
DIGITAL IC TESTER IC300

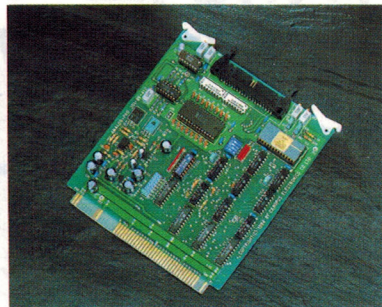
三幸電子工業株式会社

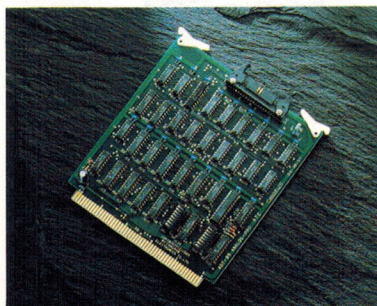
本　社／〒468 名古屋市天白区天白町植田深田158　TEL(052)805-2111(代)　FAX(052)805-2500

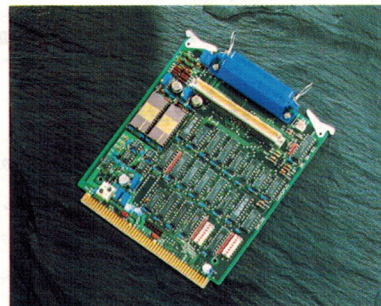
東郷工場／〒470-01 愛知県愛知郡東郷町春木白土1―84　TEL(052)801-5251(代)　FAX(052)801-5253

完璧なソフトサポート。即戦力として活用できるA/D、D/Aボード。

DMAインターフェース付A/D変換ボード
● ADX-98　　¥286,000

● 入力電圧範囲：－5V～＋5V、－10V～＋10V、0V～＋10Vから選択 ● 入力チャネル数：8チャネル差動/16チャネルシングル切換 ● 分解能：12ビットバイナリ ● 直線性：±0.03%以下 ● トリガ機能：TTLレベル入力端子によるプリ・トリガ機能、ポストトリガ機能 ● サンプリング周期：5μS/チャネル［高速モード(PC-98XA、XLのみ)］10μS/チャネル(通常モード) ● サンプリング・クロック：プログラマブル水晶発振器内蔵。または外部クロック ● ディジタル入力：4ビット ● ディジタル出力：4ビット

高機能、使いやすくなった新ラインナップ
● ADX-98E　　¥286,000

● 入力電圧範囲：－5V～、+5V、－10V～＋10V、0V～＋10Vから選択 ● 入力チャネル数：8チャネル差動/16チャネルシングル切換 ● 分解能：12ビットバイナリ ● 直線性：±0.03%以下 ● トリガ機能：TTLレベル入力端子によるプリ・トリガ機能、ポストトリガ機能 ● サンプリング周期：10μS/チャネル(通常モード)15μS/チャネル(低速モード) ● サンプリング・クロック：プログラマブル水晶発振器内蔵。または外部クロック ● ディジタル入力：4ビット ● ディジタル出力：4ビット

12ビット、8チャネルA/D変換ボード
● ANALOG-PRO Ⅰ　　¥148,000
● ANALOG-PRO Ⅱ　　¥168,000

● 入力電圧範囲：－5V～＋5V、－10V～＋10V、0V～＋10Vから選択 ● 入力チャネル：8チャネル各チャネルは差動入力 ● 分解能：12ビットバイナリまたはオフセットバイナリ ● 直線性：±1LSB以下 ● 残留雑音：±1LSB以下 ● 変換時間：Ⅰ/20μS(TYP)、25μS(MAX)　Ⅱ/12μS(TYP)、15μS(MAX) ● サンプリング・クロック：プログラマブル水晶発振器内蔵、または外部クロック ● ディジタル入力：2ビット ● ディジタル出力：2ビット

ADX-98　98E専用トリガコントローラ
● ADT-98 ● ADT-98E　　¥78,000

● トリガレベル指定：トリガレベル1、トリガレベル2ともに12ビットで指定。ソフトウェアのOUT命令による。バイト×2回またはワード×1回 ● トリガディレイ指定：0～65535クロック(ADX-98、98Eのサンプリングクロック)。ソフトウェアのOUT命令で指定。バイト×2回またはワード×1回 ● I/Oインターフェイス：I/Oアドレスは16ビットデコード。上位13ビットをディップスイッチで設定。下位3ビットのすべてを使用 ● 消費電流：＋5V、700mA以下

信号処理に使える待望16ビットD/Aボード
● DAC-98　　¥158,000

● 入力コード：16ビットオフセットバイナリまたは2'Sコンプリメンタリバイナリ ● 出力電圧範囲：0～5V、0～10V、－5V～＋5V、－10V～＋10V ● 出力チャネル数：2チャネル(オプションボードによりオンボードで最大8チャネル可能) ● 出力セトリング時間：5μsec. ● I/Oアドレス：16ビットデコード0または8から始まる連続8バイト使用(ディップスイッチで選択) ● ディジタル入出力：各4ビットTTLレベル ● 消費電流：＋5V 530mA、＋12V 60mA、－12V 70mA(最大負荷時)

■A/D、D/Aボード型番
- ● ADX-98 ……………… CAB-1104-11-14××
- ● ADX-98E ……………… CAB-1111-01-14××
- ● ANALOG-PRO Ⅰ ……………… HAB-1101-11
- ● ANALOG-PRO Ⅱ ……………… HAB-1102-11
- ● ADT-98 ……………… CAB-1105-11-14××
- ● ADT-98E ……………… CAB-1112-01-14××
- ● DAC-98 ……………… HAB-1110-01

プログラマブルアナログ前(後)信号処理ユニット新登場。

ASIP-0260
アナログシグナルプリプロセッサ　**¥198,000** 型番HFU-7201-01H(L)

ディジタル信号処理において要求されるアナログ信号前処理(後処理)機能をすべて含んだユニットです。カノープスのディジタル信号処理のノウ・ハウをフルに活かして開発されました。

【ASIP-0260とは】
ASIP-0260はアナログ信号ラインとA/D入力またはD/A出力との間に接続するアナログ信号処理ユニットです。
プログラマブルゲインアンプ、アンチエイリアシング用プログラマブルローパスフィルタ、直派オフセット除去用ハイパスフィルタ、サンプルホールド回路、簡易LED出力モニタを備えています。
音声認識、音声合成、スペクトル分析など、ほとんどのディジタル信号処理に必要不可欠なユニットです。

- ● 入力インピーダンス：100KΩ
- ● 振幅ゲイン　：x1、x5、x10、x50
- ● ローパスフィルタ特性：80dB/oct(6連チェビシェフ)
  〈H型〉 fc(Hz)＝100、200、500、1K、2K、5K、10K、20K
  〈L型〉 fc(Hz)＝ 10、20、50、100、200、500 1K、2K
- ● ハイパスフィルタ特性：12dB/oct fc＝0.05(Hz)
- ● サンプルボード特性：アクイジョンタイム 3.0μsec(0.01%)
  ドループ率　1mV/msec
- ● 出力インピーダンス：50Ω以下
- ● 最大残留ノイズ　：0.2mV以下
  (条件 GAIN×50、入力ショート、LPF OFF、HPF OFF)
- ● 最大チャンネル間クロストーク：1KHz －83dB以上
- ● 残留オフセット　：HPF OFF ±3mV以下
  HPF ON ±0.4mV以下
  (GAIN×50入力ショート LPF ON)

DIF-98
¥38,000 型番CFU-1102-01-14××
(サンプルソフト付)

【DIF-98とは】
ASIP-0260をコントロールするPC-9801シリーズ用ディジタル出力インターフェースボードです。このボード1枚で2本のコントロールバスがドライブできますので、最大32台のASIP-0260を個別にコントロールできます。

- ● 使用アドレス：PC-9801のメモリー空間またはI/O空間のどちらかの連続した4バイトを使用
  ①メモリー空間使用時
  ▶00000～FFFFFの任意の連続した4バイトをロータリースイッチとショートプラグで指定
  ▶出力専用なので9801内部のRAMエリアと重なっていても使用可能(ただしプログラムで使用していないアドレス)
  ②I/O空間使用時
  ▶0000～FFFFの任意の連続した4バイトをロータリースイッチとショートプラグで指定
- ● 拡張機能：ADX-98(E)(カノープス製高性能A/D変換ボード)のホールド信号により各チャネル同時サンプル1ホールドコントロール入力コネクタ(TTLレベル)を装備

高性能、高信頼性ボード。AB98シリーズ。

PC-9801シリーズ用拡張インターフェースボード群。

高性能、高信頼性を誇るAB98シリーズは、NEC PC-9801シリーズの応用能力を一段と向上させ、多彩なニーズにお応えできるインターフェースボードファミリです。豊富なラインナップはもとより、この優れた拡張性は、特にLA・FAの分野でのニーズに最適です。

- ●AB98-01　ユニバーサルボード…………¥ 4,200
- ●AB98-02A　非同期式シリアルインターフェースボード…………¥45,000
- ●AB98-03A　PROMライタボード…………¥40,000
- ●AB98-04A　48ビットパラレルI/Oボード…………¥36,000
- ●AB98-05A　8ch12ビットA/Dコンバータボード…………¥68,000
- ●AB98-06A　2ch12ビットD/Aコンバータボード V(電圧出力)…¥59,500／I(電流出力)…¥69,500
- ●AB98-07A　ステッピングモータコントローラボード…………¥68,000
- ●AB98-08A　24chリレーボード…………¥55,000
- ●AB98-09A　24chアイソレーション入力バッファボード…………¥35,000
- ●AB98-10A　絶縁型8/16ch 入・出力ボード…………¥35,000
- ●AB98-11A　絶縁型8ch MOS FET出力ボード…………¥34,000
- ●AB98-12A　4ch交流リレーボード…………¥29,000
- ●AB98-13A　4ch直流リレーボード…………¥49,500
- ●AB98-14A　2ch RS422インターフェースボード…………¥57,000

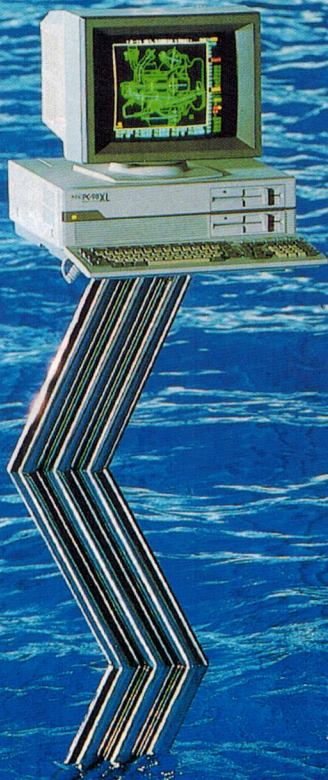
株式会社 アドテック システム サイエンス

東京営業所	TEL.(03)253−8080	FAX.(03)253−8397
横浜営業所	TEL.(045)331−7575	FAX.(045)331−7770
岩手営業所	TEL.(0198)27−4783	FAX.(0198)27−4185
テクニカルセンター	TEL.(045)333−0335	FAX.(045)331−7770

本社・営業本部 〒240 横浜市保土ヶ谷区天王町1-16-6 TEL.(045)331-7575

つながるぞ ひろがるぞ NECのパソコン

たしかな技術で世界をむすぶ NEC

98最上級。

PC-9800シリーズの最上位機PC-98XLは
98シリーズの豊富にそろったハード/ソフト資産を幅広く包含。
さらに進化した最先端の機能で
プロフェッショナルの高度なニーズに応えます。

●1,120×750ドットの高速・超高解像度グラフィックス ●ハイレゾリューションモード(1,120×750ドット)とノーマルモード(640×400ドット)の2つのグラフィックモードをサポート ●新世代CPU80286(8/10MHz)と、μPD70116-10(V30)(8/10MHz)を搭載 ●大容量1Mバイトユーザーズメモリを標準実装(最大7.5Mバイト・80286CPU使用時) ●PC-9801VM/VXからPC-98XAまでのPC-9800シリーズの膨大な資産を継承 ●用途に応じて選べる3モデルラインナップ

NECパーソナルコンピュータ
PC-9800シリーズ
PC-98XL

model 1 1Mバイトタイプフロッピィディスクインタフェース内蔵……本体標準価格 495,000円
model 2 1Mバイトタイプ5インチFDD2台内蔵(写真)……本体標準価格 575,000円
model 4 1Mバイトタイプ5インチFDD2台、20Mバイトタイプ3.5インチ固定ディスク1台内蔵……本体標準価格 835,000円

トップシェアの実力、さらに進化。
新・PC-9800シリーズ

ザ・ラップトップ PC-98LT • PC-9801UV2 • PC-9801VM21 • PC-9801VX0/VX2/VX4 • PC-98XL

日本電気グループ

NECのパソコンファミリー 国内実績No.1

■お問い合わせは、最寄りのNECへ
北海道支社(札幌)011(251)5531/東北支社(仙台)022(261)5511/東京支社(東京)03(456)3111
中部支社(名古屋)052(262)3611/北陸支社(金沢)0762(23)1621/関西支社(大阪)06(231)3111
中国支社(広島)082(247)4111/四国支社(高松)0878(22)4141/九州支社(福岡)092(271)7700

■技術的なご質問・ご相談に電話でお答えします。
NEC パソコンインフォメーションセンター
東京 03(452)8000 大阪 06(211)9800
受付時間…9:00~17:00 月曜日~金曜日(祝日を除く)
(電話番号は、よくお確かめのうえおかけください。)

パソコンの手軽さをFAに・・・
CONTEC

DECnet-DOS/9800
ローカルエリアネットワーク

NECパーソナルコンピュータ
PC-9801シリーズ用

DEC社製VAXシリーズをETHERNETでサポート。

CSMA/CD LANモジュール

FA-LANⅡ(98)D

FA-LANⅡ(98)Dは、PC-9801シリーズパソコンとDEC社製VAXシリーズ、PDP-11シリーズをETHERNETで結び、DECnetを構築することができるCSMA/CD LANモジュールで、大量のデータを高速かつ正確に伝送します。サポートソフトウエアとして、DEC社製DECnet-9800が豊富な機能を提供いたします。

●仮想端末機能

PC-9801側からコマンドひとつでVAXに対してリモート・ログインすることができます。端末はもちろんVT100フルスクリーン・エミュレーション。VAXのローカル・ターミナルのように動作します。

●ファイル転送機能

PC-9801側のディスク装置とVAXに接続されている大容量ディスク装置間で、双方向にデータファイルの転送が可能です。MS-DOS順編成ファイルのテキストデータはもちろん、バイナリーデータも可能です。

●仮想ディスク機能

PC-9801側のユーザは、VAXの大容量ディスク装置をローカル・ディスクのように利用することができます。

●仮想プリンタ機能

PC-9801側から、リモートのVAXに接続された高速プリンタをローカル・プリンタのように利用することができます。

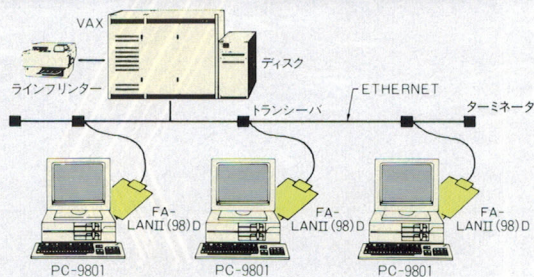
●電子郵便サービス

VAX Mailの機能を使うことによって、パソコン・ユーザはVAX上に自分自身の私書箱を設定できます。

●電子掲示板/電子会議システムサービス

VAX Notesの利用によって、パソコン・ユーザが情報交換のためのサービスを利用することができます。

●ネットワーク管理機能

ネットワーク上の各種の統計情報やエラー情報の監視と制御を行うことができます。

●VAX, PDP, DECnet, VT100, VAX Mail, VAX Notesは米国DEC社の製品です。
●ETHERNETはXEROX社の登録商標です。

■仕様

項目	仕様
伝送速度	10Mビット/秒
フレーム間スペース時間	9.6μs
スロット時間	51.2μs
伝送バンド方式	ベースバンド方式
伝送コード	マンチェスタ・コード
最少フレーム長	64バイト
CRCの形式	32ビットAutodin Ⅱ CRC多項式
ステーション台数	最大1024(リピータ使用時)
トランシーバケーブル長	最大50m 4対ツイストペア・ケーブル
同軸ケーブル長	最大2500m 50Ω 同軸ケーブル(リピータ使用時)
ステーション番号	コマンドにて6バイト長を設定
使用CPU	i82586(インテル社製)

上記仕様は、IEEE802.3規格に準拠し、かつETHERNETの規格にコンパチブルなデータ転送が行えます。

コンテックFAマイコンセンター
〒105 東京都港区芝2-29-11
TEL(03)769-1061 FAX(03)769-1060
NEC マイコンショップ
コンテック マイコンセンター
〒555 大阪市西淀川区姫里3-9-31
TEL(06)472-0265 FAX(06)475-1728

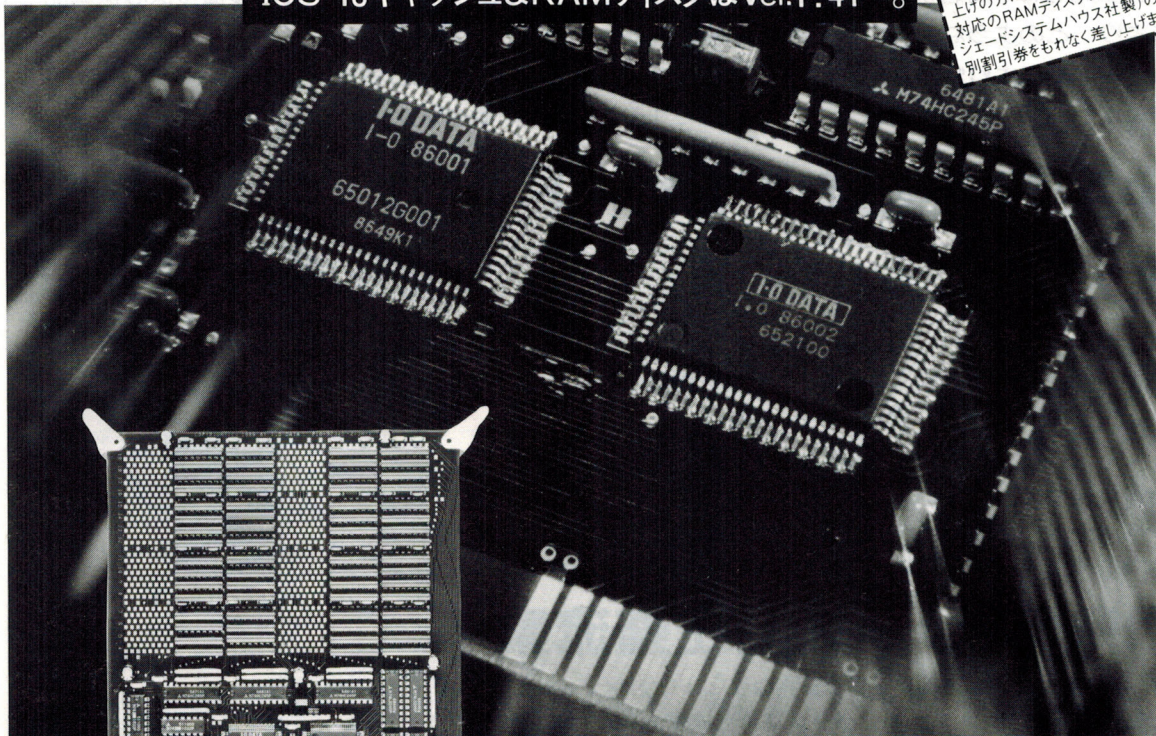
セミナー&スクールのご案内
●iRMX86(98)無料セミナー
●iRMX86(98)オペレーション入門コース
●PC-MODULE実習コース
●MODULE-PAC(98)無料セミナー
●LA-PAC(98)無料セミナー

《お問合わせ先》●㈱理経●㈱住商エレクトロニクス●㈱東京エレクトロン●三菱事務機械㈱●㈱ミウラ〈広島〉●九州電子機器サービス㈱●全国のNECマイコンショップ

I·O DATA

PC-9801シリーズ対応
増設RAMボード

夢のHiSUM機能*を標準搭載。(新登場 Gシリーズ)

Gシリーズは、すでに9234シリーズをご利用のお客様にも効果を発揮します。

※HiSUM機能とは……(特許出願済)
High Speed Sum Check Circuit の略で、パソコンのバンク増設RAMに必要なデータチェック方式で、メモリー間のデータ転送時にデータバスを同時監視チェックするハードウェア回路です。これにより98用メモリー装置に不可欠な確実チェックができ、しかも他のI·Oバンク®メモリーボードにも有効に働きます また、ソフトウェアチェックでは実現できない約2倍(当社比)の高速転送が実現する独創機能です。

(HiSUM回路は、他社のRAMディスク·ソフトでは、サポートされていないので、全くスピード·アップしません。ご注意ください。又、本機能をサポートされるソフトハウス様には詳細資料をお送りします。)

新設計、9234Gシリーズ (カスタムICを2個搭載)

- HiSUM®回路(高速データチェック回路)をカスタムIC化して、RAMボードに組込みました。従来、ソフトウェアでデータのサムチェックを行なっており、速度が抑えられておりましたが、Gシリーズでは、ハードウェアが代行しますので夢の高信頼かつ高速が実現しました。
- 低消費電流設計。周辺回路をC-MOSタイプカスタムIC化し、さらに、消費電流を小さくしました。
- HiSUM回路は9234GシリーズRAMの全てに標準搭載。GシリーズRAMは、従来の9234シリーズおよびI·Oバンク®方式の他社RAMボードとの混在利用が可能です。したがって、1枚のGシリーズRAMが高速レスポンスの利用環境を実現します。

お知らせ
PIO-9234シリーズ用のRAMディスクの旧バージョンをご使用の方はIOS-10V1.41へバージョンアップします。MX-1plusからは¥5,000、IOS-10からは¥2,000です。シリアルNo.、バージョンNo.、希望メディアタイプを記入して本社に直接お申込み下さい。

●32MBまでサポートしたRAMディスク(IOS-10-32M)もあります。¥10,000
仕様:汎用RAMディスクタイプでMAX32MBをサポート。(標準IOS-10は、16MBまで) 制限事項:NECの辞書は使えません。

IOS-10 Ver.1.41キャッシュ&RAMディスク

- EMS方式のロータス1-2-3にも対応。〈1-2-3〉のワークシート領域を、バンクRAMにも拡大できます。
- IOS-10では、EMS方式対応にも、データの信頼性を最重視し、確実なデータチェックを行なっています。
- RAMディスク、ディスクキャッシュ、EMSドライバの全てに、HiSUM回路の自動認識、自動サポート機能を組込みました。
- ディスクキャッシュをさらに、高速化しました。特に、書込み時の速度は、2倍以上(当社比)です。
- D COPY、BAT COPYユーティリティを高速化しました。FATをサーチし、必要部分のみをコピーします。
- 1メガバイトタイプ·フロッピーディスクのモータのステップレートを3msに設定し、8″FDDの動作音を静かにするユーティリティが付属します。
- IOS-10ディスクキャッシュは、ハードディスクのユーザにも小気味よいレスポンス環境を提供いたします。

▶IOS-10は、5″-2DD版を添付しておりますが、PC-9801VM2/VXでは2HDに変換して使用できます。

Gシリーズ増設RAMボード (IOS-10 Ver.1.41付き)新発売!

- PIO-9234G-1MD (1MB増設RAMボード) ……… ¥45,000
- PIO-9234G-1.5MD (1.5MB増設RAMボード) ……… ¥58,500
- PIO-9234G-2MD (2MB増設RAMボード) ……… ¥72,000
- PIO-9234G-3MD (3MB増設RAMボード) ……… ¥85,000
- PIO-9234G-4ME (4MB増設RAMボード) ……… ¥89,000

- PIO-9234-0.5MD (512KB増設RAMボード) ……… ¥26,000
- PIO-9034C-3 (384KB増設RAMボード) ……… ¥24,000
- PIO-9234-0.25MD (256KB増設RAMボード) ……… ¥18,000

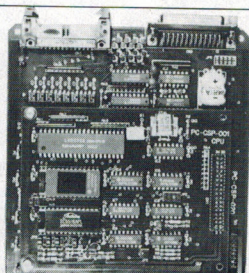
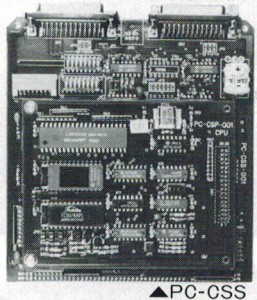
＊PC-98XA対応増設RAMボード
(XLでは、使用上、制限があります)
- PIO-9X34-2MA (2MB増設RAMボード ……… ¥98,000

●ロータス1-2-3は、Loutus社の商標です。

情報と制御のシステムメーカー
株式会社 I·Oデータ機器
本社営業部:〒920 石川県金沢市駅西本町1-5-41 TEL.(0762)21-4812 FAX.(0762)63-0024
東京営業所:〒101 東京都千代田区岩本町3-3-14(CMビル3F) TEL.(03) 866-3583 FAX.(03) 851-7160

インテリジェント インターフェースボード

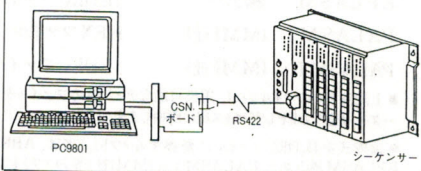
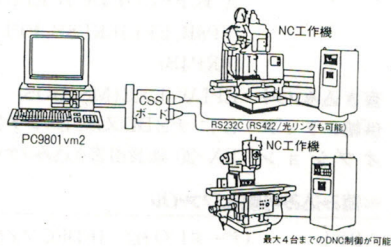
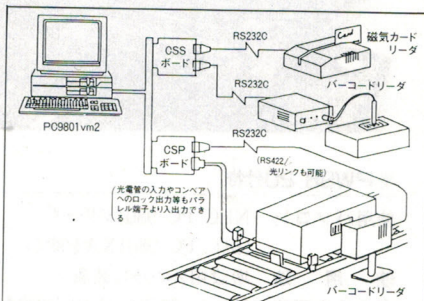
PC9801に……

マルチプロセッサ機能を！

▲PC-CSP

▲PC-CSS

PC-9801シリーズのFAシステムへの応用の拡大にともない、バーコードリーダ、カードリーダ、シーケンサ、各種制御盤など、多数の入出力機器とシリアル通信やパラレル入出力で結ぶ必要性が増大しています。
これに伴って、「プログラムは使い易いN88BASICでやりたいが、シリアルボードが少なく制御が繁雑で実行時間がかかりすぎる」「増設ボードをBASICで制御すると応答が遅すぎる」等の問題が指摘されています。
PC-CSS及びPC-CSP、PC-CSNは、独自のCPUを持つインタフェースボードです。PC-9801の拡張用スロットに挿入して使用することによって、多数の周辺機器との接続が可能となり、応答速度も飛躍的に改善されます。同時にPC-9801のI/O制御の負担を軽減させ、その能力を2倍以上引き上げることができます。

〔特徴〕

(1) Z80CPU、プログラムROM、電池バックアップSRAMを内蔵し、独自にI/Oを制御。
(2) 標準の「I/O制御ROM」と「PC-9801用専用サブルーチン」(機械語)を使ってインテリジェントインターフェースとなります。また各種周辺機器に応じた専用プログラムROMにより、より効果的な利用が可能。
(3) 電源バックアップ付SRAM(最大8Kバイト)は小規模外部メモリとして使用可能。
(4) 最大4枚までのボードを、同時使用できる。

※専用プログラム開発などはお問い合せください。

PC-CSS　RS232Cポート×2

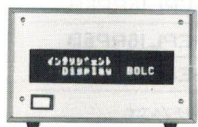
バーコードリーダー、磁気カードリーダー等の各種I/O機器の制御をボード上のCPUが独自に行なう。そのためPC9801はほとんど負担なくRS232Cポートを増設できる。最大4枚、8ポートまで増設可。

PC-CSP　RS232Cポート、パラレルI/O

RS232Cポートに付け加え、フォトスイッチやリミットスイッチなどの入力を直接とりこめるパラレル入出力をもっています。専用プログラムを作成すると、コンベア制御装置やロボット制御装置として利用できます。

PC-CSN　RS422/マルチドロップ、RS232C

RS422/マルチドロップによる小規模のネットワークを構成できます。パソコン相互間のネットワーク、シーケンサとのネットワークなどを容易に構成できます。

ローカル・インディケータ BLDS-LT

BLDS-LTはパソコンやミニコンの端末装置として、FAシステムの作業指示装置として開発された機器組込み型の、多桁表示装置です。

【特徴】

(1) 大型で明るく見やすい32桁アルファニューメリック表示。
(2) 外部ランプ表示、シーケンサと直結できる16ビット出力。
(3) スイッチ、キーボード入力を取り込む8ビット入力。
(4) シリアル通信で転送されたデータの表示、最大63の表示パターンの登録と任意のパターンの画面表示ができる。
(5) パラレル入出力の通信による制御が可能。

NC工作機用自動プログラミングソフトウェア

MA PLE-NC98
MA PLE-PC98
MA PLE-AT98

当社は2軸、2½軸、3軸加工をサポートする各種自動プログラミングソフトウェアを開発しています。

BOLC　有限会社 ボルク電子
〒543 大阪市天王寺区大道3-7-8
☎(06)773-2932 FAX(06)779-8828

消去・再書き込み可能なPLD=EPLの書き込み用ボードです。
PC-9801シリーズの増設用スロットに入れて使用します。

EPL専用化により低価格を実現しました。
使いやすい書き込みソフトを用意しました。

■PW98-20仕様

使用パソコン	NEC PC-9801シリーズ（但し、PC-9801XAを除く）
使用法	増設用スロットに装着
書き込み可能デバイス	㈱リコー製EPL（EPL10P8A/B, EPL12P6A/B, EPL14P4A/B, EPL16P2A/B, EPL16P8B, EPL16RP8B, EPL16RP6B, EPL16RP4B）
書き込みソフト	EPLW. EXE（MS-DOS）
供給メディア	5インチ2DD又は、5インチ2HD
オプション	EX-20 延長用書き込みソケット(ケーブル付き)

■読み込み可能なファイル

ABEL	(データI/O社)	JEDECファイル
EPLASM	㈱リコー	JEDECファイル
PALASM I	(MMI社)	HEXファイル
PALASM II	(MMI社)	JEDECファイル

● 上記各社のファイルの内、置換可能なデバイスのファイルを読み込み、そのデータを対応するEPLデバイス用に変換します。

● 論理式をJEDECファイルに変換するソフトとしては、ABEL(データI/O社), EPLASM ㈱リコー, PALASM I,II(MMI社)等のソフトを別に御用意下さい。

■定価

PW98-20 ボード(書き込みソフト付き)	98,000円
EX-20 延長用書き込みソケット(ケーブル付き)	8,000円

■EPLと置き換え可能なPALのリスト

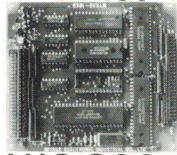
PAL			EPL
PAL10L8	PAL10H8		▶EPL10P8A/B
PAL12L6	PAL12H6		▶EPL12P6A/B
PAL14L4	PAL14H4		▶EPL14P4A/B
PAL16L2	PAL16H2	PAL16C1	▶EPL16P2A/B
PAL16L8	PAL16P8		▶EPL16P8B
PAL16R8	PAL16RP8		▶EPL16RP8B
PAL16R6	PAL16RP6		▶EPL16RP6B
PAL16R4	PAL16RP4		▶EPL16RP4B

㈱リコー製EPLはMMI社、NS社の上記のPALとは機能的にピンコンパチブルです。

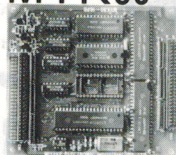
●EPLを使用する為の入門の資料をお送り致します。EPLに興味をお持ちの方、これからEPLを使ってみたいとお考えの方はお申し込み下さい。(無料)
●EPLを使用した回路の設計、試作のお手伝いを致します。(有料)

東京チューナー工業株式会社
東京都杉並区堀之内1-5-5 〒166 TEL.03(311)6631

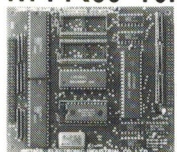
充実のラインナップ　Z80ワンボードコンピュータ & 周辺インターフェイス

MYK80-16KB ワンボードコンピュータ

メモリーバックアップ可能
リセットIC採用
ICソケットは全て丸ピンソケット
Z80A CPU/2764ROM、JPにて27128、27256可/6264RAM/8255×2/Z80ACTC/TL7705リセットIC/115×130mm（基板寸法）/50PFC用コネクター×2/4MHzクロック

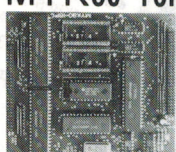
¥18,800

MYK80-16PB ワンボードコンピュータ

メモリーバックアップ可能
リセットIC採用
ICソケットは全て丸ピンソケット
Z80A CPU/2764ROM、JPにて27128、27256可/6264RAM/Z80APIO×2/Z80ACTC/TL7705リセットIC/115×130mm（基板寸法）/50PFC用コネクター×2/4MHzクロック

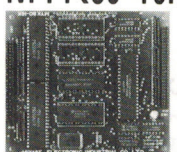
¥18,800

MYK80-16KC ALL CMOS ワンボードコンピュータ

CPU………LH5080L(Z80CPU CMOS)
ROM………2764×2(2732、27128、27256可)丸ピンソケット
RAM………6116(6264可)
IO…………82C55×2
CTC………LH5082L(Z80CTC CMOS)
基板寸法……115×130mm
コネクター……50P FC用×2
クロック………2MHz CMOSタイプ
ゲート………74HC シリーズ
消費電流……25mA type.

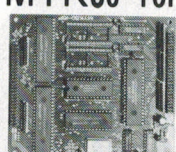
¥23,000

MYK80-16PC ALL CMOS ワンボードコンピュータ

CPU………LH5080L(Z80CPU CMOS)
ROM………2764×2(2732、27128、27256可)丸ピンソケット
RAM………6116(6264可)
IO…………LH5081L(Z80 PIO CMOS)×2
CTC………LH5082L(Z80 CTC CMOS)
基板寸法……115×130mm
コネクター……50PFC用×2
クロック………2MHz CMOSタイプ
ゲート………74HCシリーズ
消費電流……25mA type.

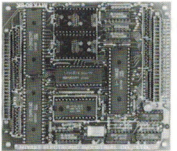
¥23,000

MYK80-16K ワンボードコンピュータ

RAM 8KB
ROMソケット 丸ピンソケット
Z80ACPU/2764ROM、JPにて2732、27128、27256可/6264RAM/8255×2/Z80ACTC/115×130mm（基板寸法）/50PFC用コネクター×2/4MHzクロック

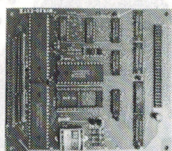
¥18,800

MYK80-16P ワンボードコンピュータ

RAM 8KB
ROMソケット 丸ピンソケット
Z80ACPU/2764ROM、JPにて2732、27128、27256可/6264RAM/Z80APIO×2/Z80ACTC/115×130mm（基板寸法）/50PFC用コネクター×2/4MHzクロック

¥18,800

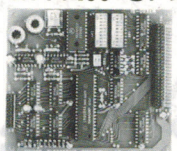
MYK80-8K ワンボードコンピュータ

Z80ACPU/2732ROM×2/6116RAM/8255×2/Z80ACTC/115×130mm（基板寸法）/50PFC用コネクター×2/4MHzクロック

¥18,000

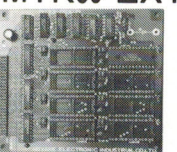
MYK80-EXTII メモリーI/O拡張

6264 8KB MAX16KB（RAM）バッテリーバックアップ付／GB50-3（バッテリー）/S-8054ALR（停電検出）/8255×2/115×130mm（基板寸法）/50PFC用コネクター×2

¥18,000

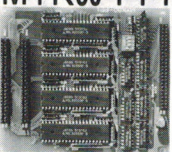
新製品

MYK80-SI シリアルインターフェイス

Z80ASI O/O
MC14411P（ボーレート）
RS232C 2チャンネル
5V単一電源（±12V内蔵）
115×130mm（基板寸法）
/バス50PFC用、232C 20PFC用コネクター

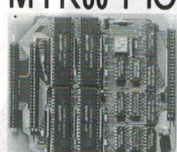
¥18,000

MYK80-EXTM メモリー拡張

メモリー32KB、2バンクまで拡張可能
ROM2764、RAM6264をショートバーにて設定、6264は16KB、16PBにてバッテリーバックアップ可能
標準6264、1ケ実装
基板寸法115×130mm

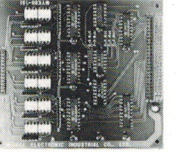
¥18,000

MYK80-PPI I/O拡張

8255×4
12ポート96ビット
入出力拡張
50PFC用コネクター×3
基板寸法115×130mm

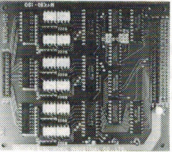
¥18,000

MYK80-PIO I/O拡張

Z80APIO×4
8ポート64ビット
入出力拡張
50PFC用コネクター×3
基板寸法115×130mm

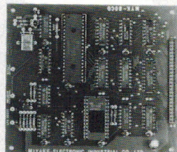
¥18,000

MYK80-ISI アイソレーション入力

24bit入力
TLP521（フォトカプラ）
バス50PFC用、入力26PFC用コネクター
115×130mm（基板寸法）

¥18,000

MYK80-ISO アイソレーション出力

24bit出力
ULN2803Aオープンコレクター
TLP521（フォトカプラ）
バス50PFC用、出力26PFC用コネクター
115×130mm（基板寸法）

¥18,000

MYK80-CD キャラクタディスプレイ

HD46505S(CRTC)
2114×2(RAM)
2716(CGROM)
40×25文字以内表示
115×130mm（基板寸法）

¥15,000

MYK80-UNI MYK80シリーズ用ユニバーサル基板（シリーズ同寸法、ガラス基板）……………¥3,000

近日発売 MYK180シリーズ
Z80上位コンパチブル64180
ワンボードコンピュータ周辺インターフェイス

ミヤケ電子工業株式会社
〒607 京都市山科区勧修寺福岡町19－3
TEL.075(501)2022 FAX.075(591)7890

ソフトなカード。
MEGASOFTのPC-9801シリーズ用拡張ボードシリーズです。
ソフトハウスならではのノウハウをこめて、好評提供中です。
STAR-CARD(EM/3STAR)
●Z80上位互換の8ビットCPUHD64180(6MHz)
●64KBのスタティックRAM(バックアップ機能付)
●38.4KBPSの拡張RS-232C、タイマ、DMAを用意
●拡張コネクタを利用してメモリ、I/Oの拡張が可能
●MS-DOS V3.1上にOS統合開発環境を提供するソフトウェアを標準添付
●PC-9801シリーズの全メモリー、I/Oにアクセス可能
●ROMの交換によりシングルボードコンピュータ化可能
128,000円
SEC-1(STAR EXTEND CARD-1)
●STARの拡張2階立て部分にユーザー独自の機能を試作開発する場合に使用する
STAR-CARD専用ユニバーサルカード
●機能拡張用コネクタを利用して、HD64180、PC-9801の両方のバスを利用可能
9,800円
SFC-10(STARFAX)
●PC-9801シリーズ(PC-98XA/XLを含む)で
ファクシミリとの双方向イメージ交信を実現
●CCITT G3規格対応の4800/2400BPSのモデム
●自動発着信可能なNCU装備
●モジュラージャックで電話回線、
電話機に接続。
1本の回線を電話とファクシミリで共用可能
99,800円
MSC-3
(開発中)
●STARFAX上で鮮明な32ドット
明朝体フォントを利用するための
拡張機能カード
●イメージスキャナ用
パラレルインターフェース装備
●STARFAXやRAMディスクを
自動起動するオートスタート機能
近日発売
MSC-2
●イメージスキャナ
(PC-IN501/502/503など)を
接続可能
(ソフトウェアが別途必要)
●MS-DOSで5"2Dディスクドライブ
(PC-80S31など)を使用可能に
するデバイスドライバソフト付きの
MX-2(30,000円)も発売中
10,000円
MSC-1(OEM供給)
●ソフトウェアの不正コピー使用を防止するプロテクトボード
(PC-98XL/XAを含む全PC-9801シリーズに対応)
●独自の専用PALチップ方式により1枚のボードで
最大12種類のソフトウェアのプロテクトに対応可能
●このボードはソフトウェアハウス、システム
ハウス向け専用の製品で一般の方への販売は行ないません。
使いやすさと信頼性
MEGASOFT
メガソフト株式会社
〒564 吹田市江の木町16-9 近藤ビル6F
TEL 06-386-2058(代) FAX 06-386-2123

トランジスタ技術 SPECIAL

No.3

CONTENTS

FEATURES

16ビット・パソコンを使いこなすためのハード&ソフト

PC9801と拡張インターフェースのすべて

表紙デザイン：(株)シーピーユー　簑原圭介

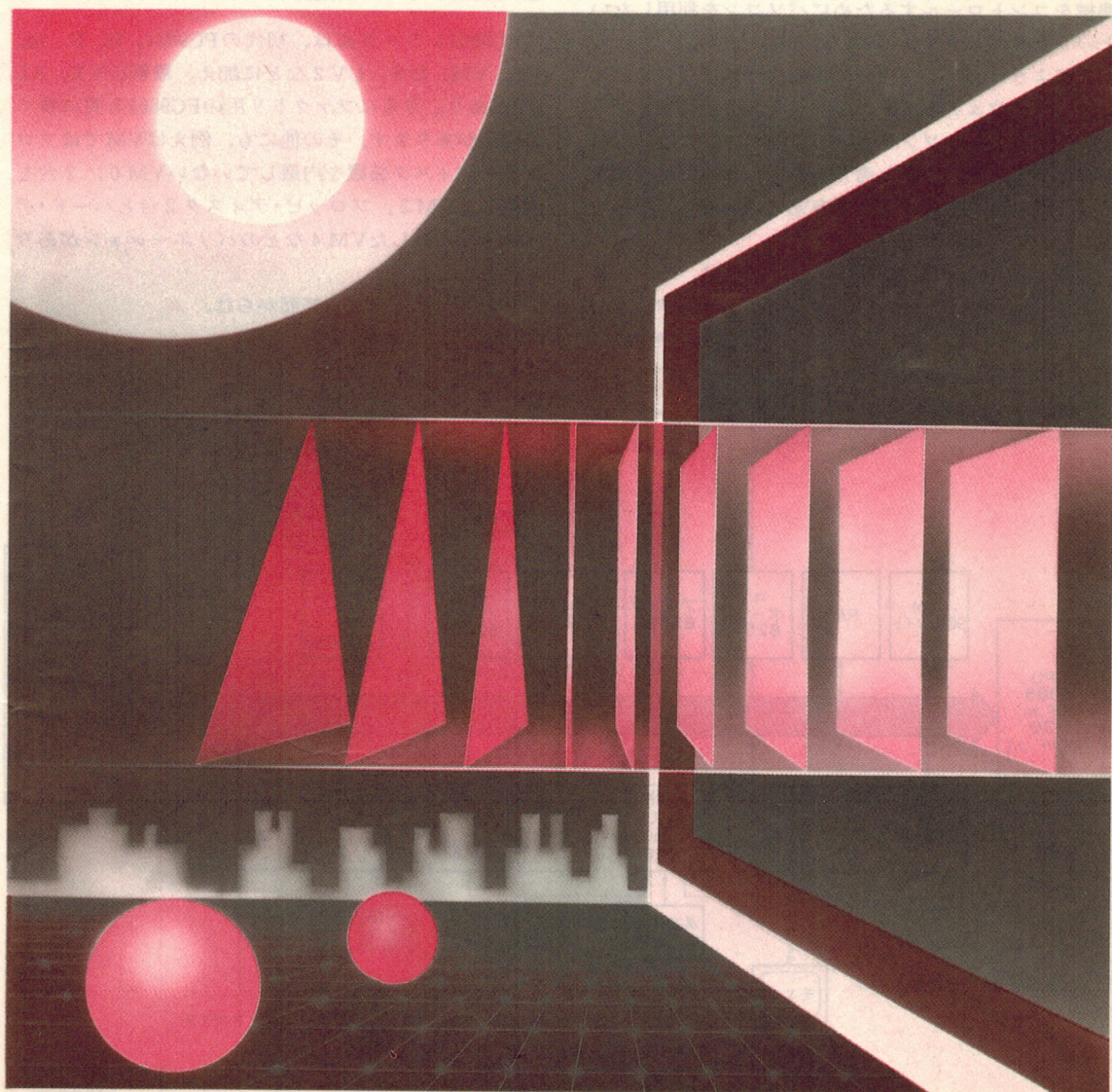
FEATURES

PC9801は，8086CPUを用いた標準的なパーソナル・コンピュータです．現在は，V30という上位CPUが使われていますが，基本的な構成になっているためあらゆる用途に使用することが可能です．本書では，このPC9801の拡張インターフェースに焦点を当て，様々な応用法について具体的な例で解説しました．

16ビット・パソコンを使いこなすためのハード＆ソフト

PC9801と拡張インターフェースのすべて

第一章

秋葉澄伸

PC9801シリーズの内部構成

本章では，PC9801シリーズの内部構成と基本入出力プログラム(BIOS)について解説します．パソコンをブラック・ボックスとして使用するのが一般的ですが，少し複雑な要求をすると内部の知識が必要になってきます．

現在では，パーソナル・コンピュータはあらゆる仕事のサポートに利用できます．ワープロとして，データ・ベースとして，その他，データ通信の端末として，その活用法は無限にありそうです．これらの用途はすべて市販のソフトを利用できるものです．

しかし，例えば，実験室でデータを集めたいとか，機械をコントロールするためにパソコンを利用したいというときはどうすればよいのでしょうか．

そのようなソフトは自分で作らなければなりませんし，ハードウェアのインターフェースも必要です．

一昔前までは，ソフトも含めてパソコンに近いものを自作することが最善と考えられていましたが，現在ではそういった手段はあまり有効とはいえなくなってきました．

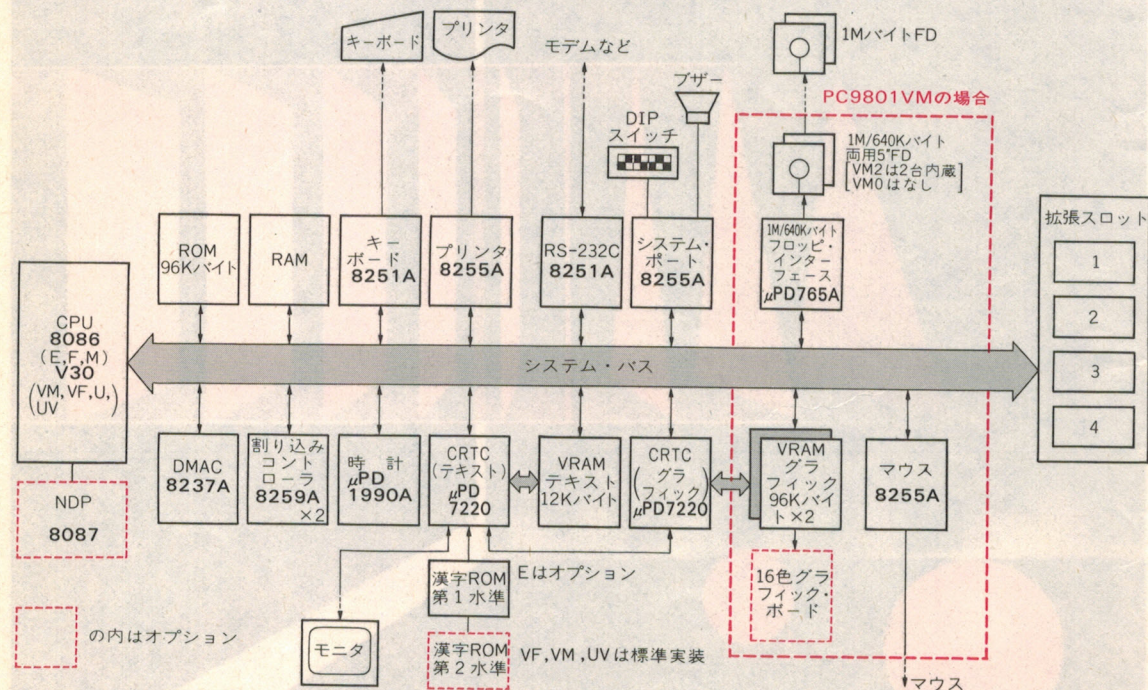
本書で取り上げるPC9801シリーズには，そのために拡張インターフェースのスロットがあります．本書では，これを有効に活用するために必要な知識をまとめました．

また，本章での解説を理解することにより，16ビット・パーソナル・コンピュータがどのように構成されているのかを知っていただければ幸いです．

●PC9801シリーズの概要

PC9801シリーズには，初代のPC9801，E，F，M，VF，VM，U 2，UV 2などに加え，最新のVX，XL，LTがあり，さらにファクトリ用のFC9801と実に多くの機種があります．その他にも，例えばVMではフロッピ・ディスク装置を内蔵していないVM 0，2台を内蔵したVM 2，フロッピ・ディスク2台とハード・ディスクを内蔵したVM 4などのバリエーションがあります．

しかし，ハードウェア面からは，

〈図1-1〉 PC9801シリーズの内部ブロック図

① 初代PC9801
② PC9801E/F/M
③ PC9801VF/VM/U 2 /UV 2 /VX
④ PC9801XA/XL
⑤ PC9801LT
⑥ FC9801

と大きく 6 種類のグループに大別することができます.

PC9801シリーズは,初めて登場したときは8086を使った16ビット・システムでしたが,Vシリーズからは8086の上位CPUであるV30が使用され,最新のVXシリーズ,XLシリーズではV30に加えて80286も使用されるようになりました.

しかし,細かな仕様および性能は向上しましたが,基本的な内部構成はすべての機種も同じと考えることができます.そこで,まず初めに,PC9801を8086の基本システムと考えて,内部構成を調べていくことにします.

ここでは,PC9801F 2 を代表として取り上げて,そのハードウェアについて解説します.

ただし,これらのPC9801シリーズでは,初代のPC9801を除くと内部にたくさんのカスタムLSIが使われているため,信号線の内容を完全に調べることは困難になってきています.特に最新のVX/XL,VM21などでは,フラット•パッケージのカスタムLSIやPALなどが多く使用されるようになっています.

こうなると,ユーザが本体内部に手を加えることはほとんど考えられず,必要なのは拡張コネクタから外側の仕様だけになります.

1 PC9801の主要ハードウェア

PC9801の基本ブロック図を図1-1に示します.PC9801はCPU周辺についてみれば,8086/V30をCPUとして設計された標準的なコンピュータです.したがって,内部バス構成も使用チップも8086の標準的なインターフェースとなっています.

1-1 CPU周辺のハードウェア

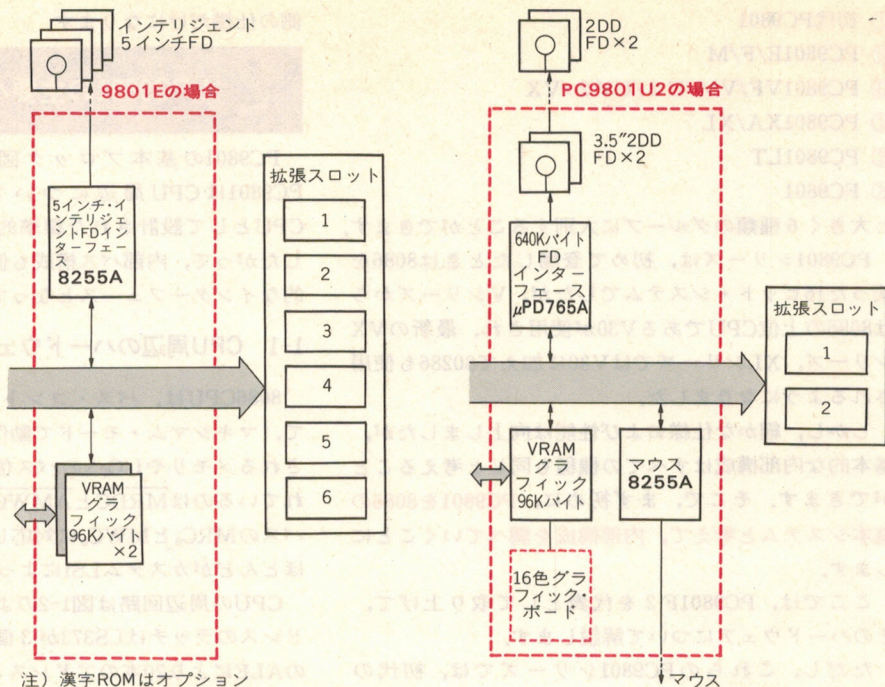
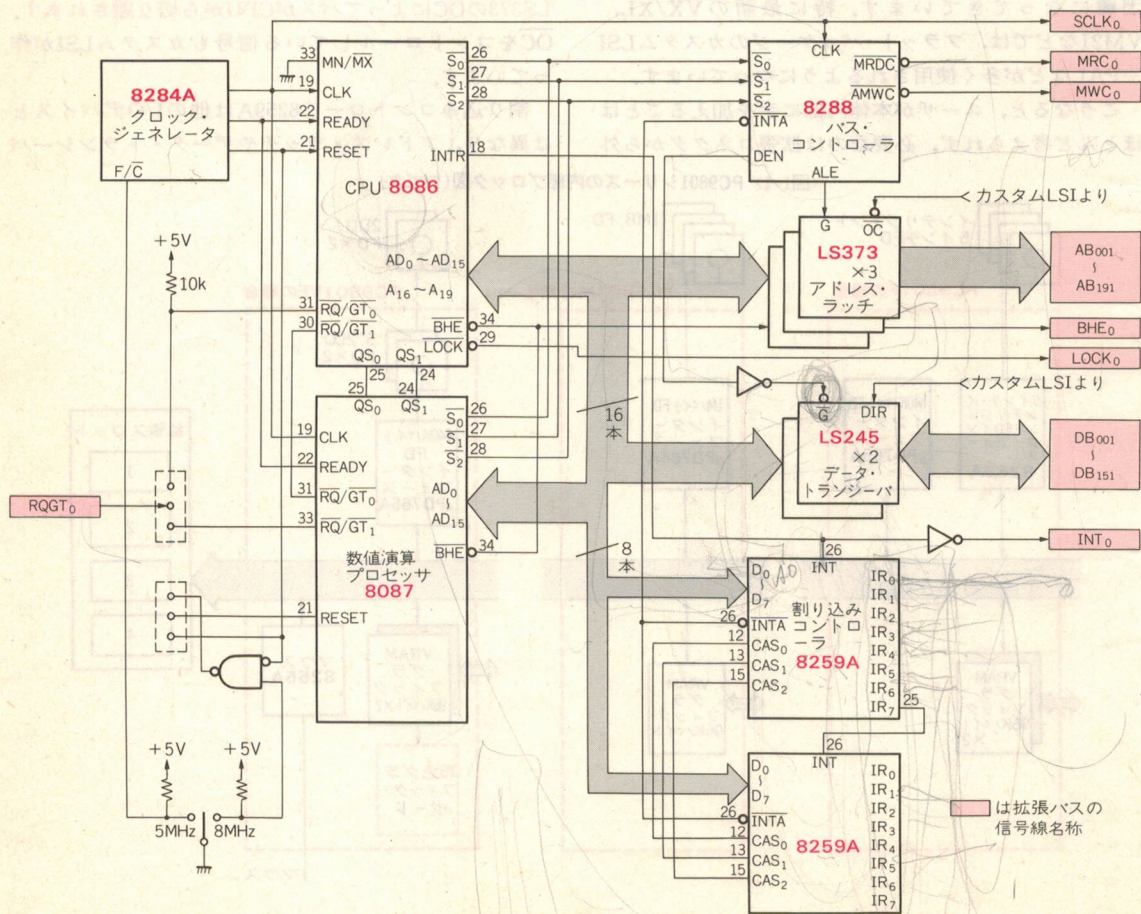
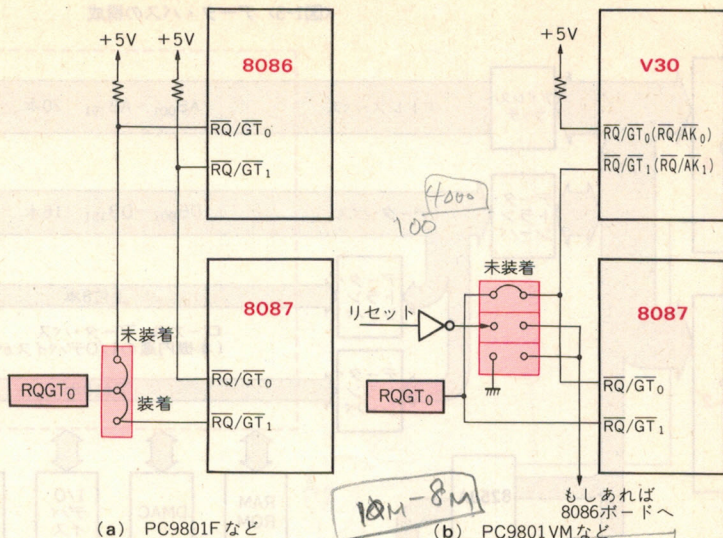
8086CPUは,バス・コントローラに8288を使用して,マキシマム・モードで動作します.8288から出力されるメモリやI/Oへのバス信号のうち,直接使用されているのは$\overline{MRDC}$と$\overline{AMWC}$だけで,それぞれ拡張バスのMRC_0とMWC_0に対応しています.他の信号はほとんどがカスタムLSIによって作られています.

CPUの周辺回路は図1-2のようになっています.アドレスのラッチはLS373が 3 個使用されていて,8288のALEにより20本のアドレスと$\overline{BHE}$がラッチされます.DMA動作時や$CPUKILL_0$信号などにより,CPUがバスを開放する場合には,アドレス・ラッチのLS373の$\overline{OC}$によってバスがCPUから切り離されます.$\overline{OC}$をコントロールしている信号もカスタムLSIが作っています.

割り込みコントローラ8259Aは他のI/Oデバイスとは異なり,アドレス・ラッチやデータ・トランシーバ

〈図1-1〉 PC9801シリーズの内部ブロック図(つづき)

〈図1-3〉 リクエスト・グラント信号

(a) PC9801F など　　(b) PC9801VMなど

よりもCPU側に接続されています．割り込み受け付け時の8259AとCPUとの間のバスの動作は，通常のリード/ライトとは大きく異なりますので，データ・トランシーバの制御が複雑にならないようにするために，CPUと直接に接続されています．

CPUと直接に接続されるものには，もう一つ数値演算プロセッサ8087があります．8087はオプションですが，装着時にはリクエスト/グラント信号の接続を変える必要があります．

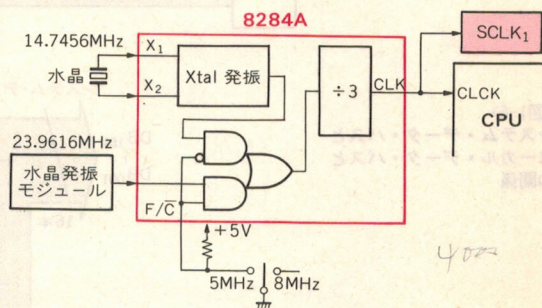
拡張バスの$RQGT_0$信号は，8087が未装着時にはCPUの$\overline{RQ}/\overline{GT_0}$に直接入り，8087装着時には8087の$\overline{RQ}/\overline{GT_1}$につながれます．図1-3にジャンパの接続を示します．VMでは，8087未装着時には$RQGT_0$信号はCPUの$\overline{RQ}/\overline{GT_1}$に入ります．

8 MHzと5 MHzのクロックの切り替えは，図1-4に示すようにクロック・ジェネレータ8284Aに入る23.9616MHzの信号と，8284A自身が発振している14.7456MHzを，クロックのスイッチからの信号で切り替えています．8284Aのクロック出力は，拡張バスの$SCLK_1$信号に直接出ています．

VMの場合には，8284Aが使用されておらず，μPD71011がクロックを作っています．μPD71011は内部で3分周ではなく2分周を行います．したがって，もとの発振周波数は10MHz時には19.6608MHz，8 MHz時には15.9744MHzとなります．

1-2 ローカル・データ・バスについて

データ・バスの構成を図1-5に示します．I/O空間のチップはすべて8ビットなので，16ビットのデータ・バスを上位と下位の8ビットにあらかじめ分けてあります．そこで，分けられたデータ・バスを上位と下位のローカル・データ・バスと呼んで，今後はシステム・

〈図1-4〉 クロック・ジェネレータ

データ・バスと区別します．

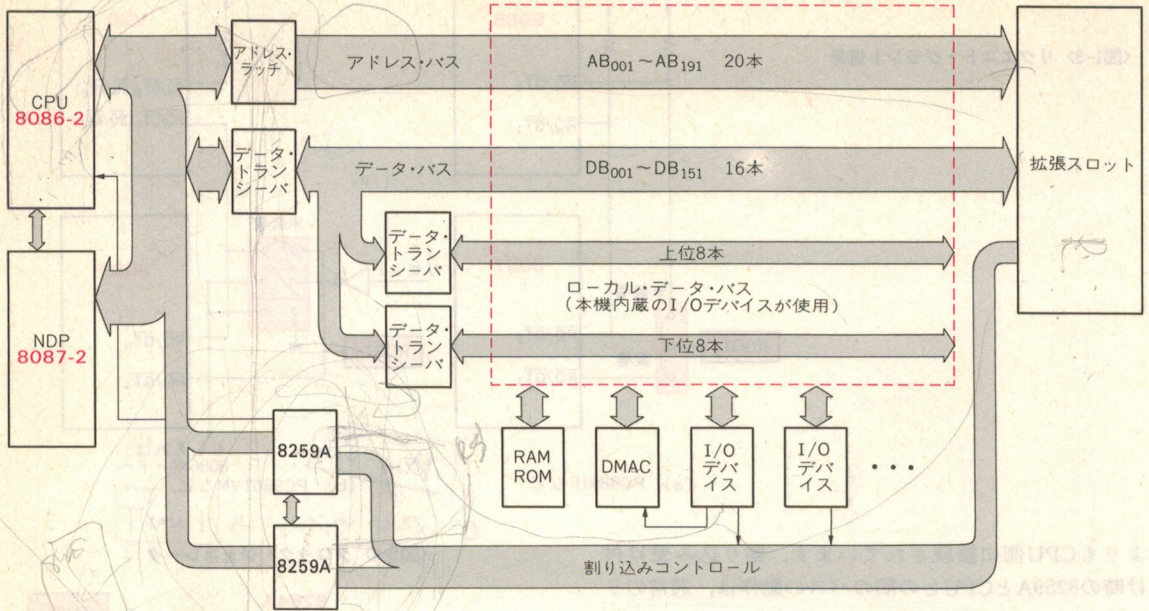
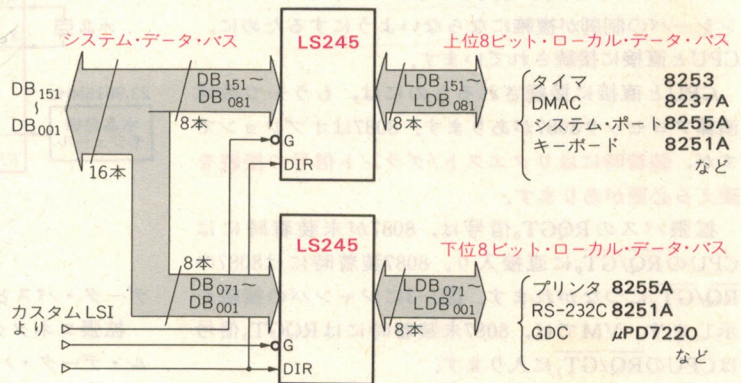
拡張コネクタのDB_{001}からDB_{071}に対応するローカル・データ・バスをLDB_{001}からLDB_{071}（下位のローカル・データ・バス），DB_{081}からDB_{151}に対応するローカル・データ・バスをLDB_{081}からLDB_{151}と，頭にLをつけて区別します．ローカル・データ・バスには，図1-6のようにLS245によるバス・ドライバが入っています．

また，拡張バスにはローカル・データ・バスは出ていませんので，拡張ボード上のデバイスもすべてシステム・データ・バスに乗ることになります．

それに対し，本体に装備されているI/Oデバイスは，ほとんどがローカル・データ・バスに接続されています．

ただし，フロッピ・ディスク・コントローラμPD765Aなどは8ビットのI/Oデバイスですが，ローカル・データ・バスではなくシステム・データ・バスに接続されています．

その理由は，DMAなどを使用する場合は，ローカル・データ・バス用のバッファのコントロールが複雑になるために，ローカル・データ・バスを使用してい

〈図1-5〉 データ・バスの構成

〈図1-6〉 システム・データ・バスとローカル・データ・バスとの関係

ないようです.

1-3 DMAコントローラの周辺回路

図1-7にDMAコントローラの周辺回路を示します. DMAC8237Aは, I/O空間にあるデバイスとして, CPUからコマンドを受けたりステータスを返したりして, レジスタの値を読み書きされます.

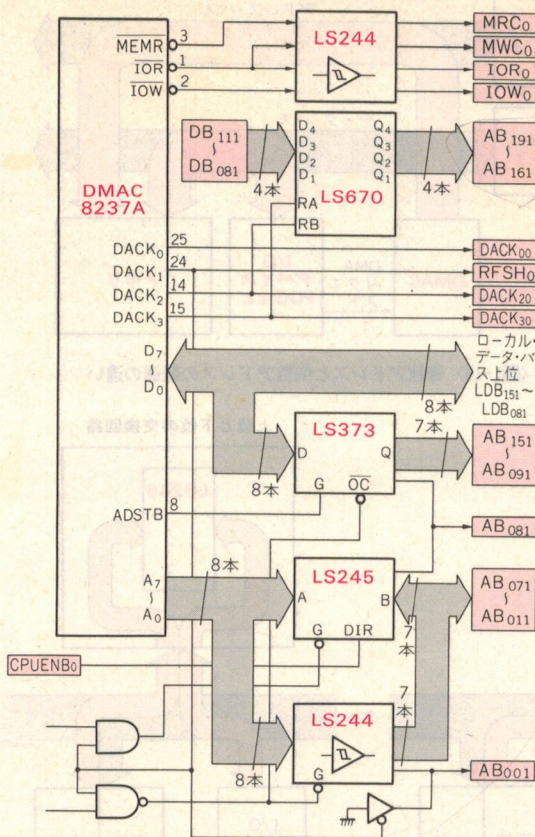
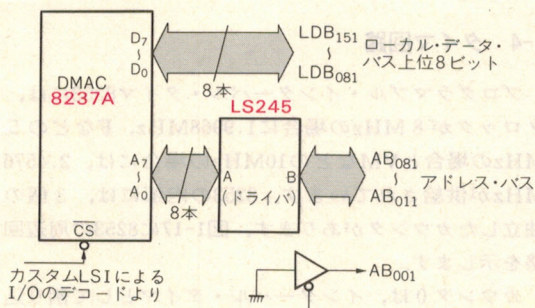
そのために, データD_0からD_7までがローカル・データ・バスの上位LDB_{081}からLDB_{151}までに, アドレスA_0からA_7までが双方向バス・ドライバLS245を通してアドレス・バスのAB_{011}からAB_{081}に接続されています. このときCPUからDMACのレジスタ群は, I/O空間の奇数番地に見えることになります(図1-8).

DMACがDRAMのリフレッシュの動作をするときも, 図1-8と同様にLS245を通してAB_{011}からAB_{081}の8本にアドレスが出力されます. このときAB_{001}は"L"に固定されています.

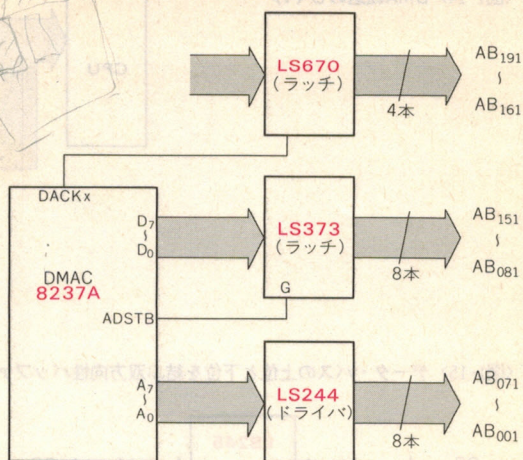
DMACが, I/OデバイスからのDMAのリクエストに対してアドレスを発生する場合は, A_0からA_7がLS244を通してAB_{001}からAB_{071}に接続されます(図1-9). 前記のLS245を通したものとは, アドレスが1本ずれていることに注意してください. DMACは, 1バイトずつの転送を行うためにAB_{001}からAB_{071}の8本を直接出力し, AB_{081}からAB_{151}の8本はLS373にラッチして出力できます.

この16本で64Kバイトのアクセスができますが, AB_{161}からAB_{191}の4本は, LS670がラッチしていたものが使用されます. ですからDMACだけでは, 1Mバイトを64Kバイトの16個のブロックに分けると, ブロックの境界をまたぐような転送はできません. 64Kバイトの境界をまたぐ場合は2度に分けて, バンク・レジスタに最上位4ビットをラッチし直す必要があります.

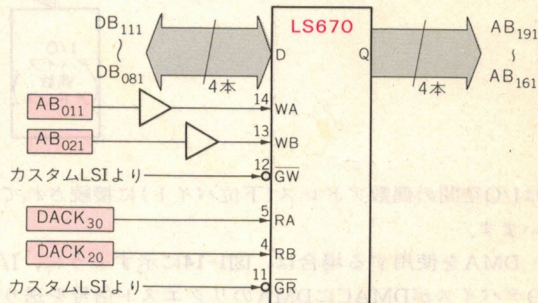
DMAのバンク・レジスタにはLS670が用いられてい

〈図1-7〉DMAコントローラの周辺回路

〈図1-8〉CPUからのアクセスとリフレッシュの場合

ますが，バンク・レジスタのI/Oマップを見ると図1-10のようになっており，チャネルの順番がばらばらでとても不自然です．

これは図1-11に示すように，バンク・レジスタへの書き込みの際は，AB_{021}とAB_{011}がLS670のセレクトに入っていますから4ビットのアドレスを4個ラッチできます．その4ビットがAB_{161}からAB_{191}に出力されるときは，DMACのアクノレッジが，リードのセレクトに図1-11のように入りますから，図1-12のようになって，図1-13のようなバンク・レジスタの配置に

〈図1-9〉DMA転送中の場合

〈図1-10〉DMAのバンク・レジスタのI/Oアドレス

I/Oアドレス	内容
21h	使用できない
23h	チャネル2のバンク bit 3〜bit 0
25h	チャネル3のバンク bit 3〜bit 0
27h	チャネル0のバンク bit 3〜bit 0

〈図1-11〉LS670に入る信号線

〈図1-12〉LS670のチャネル選択

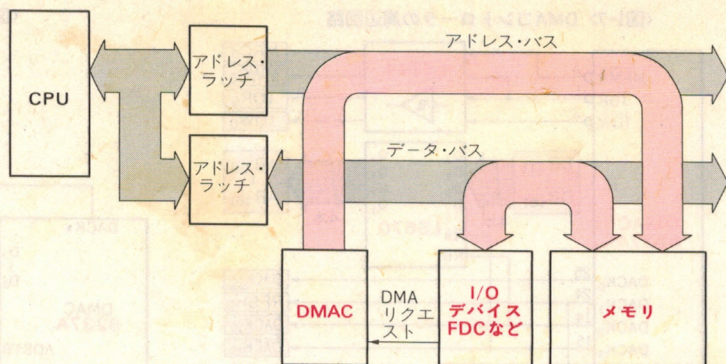
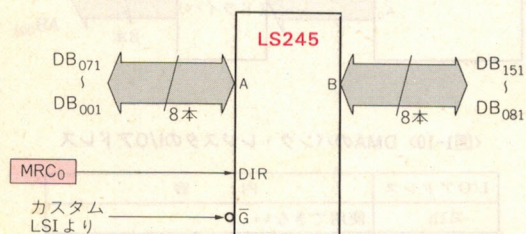
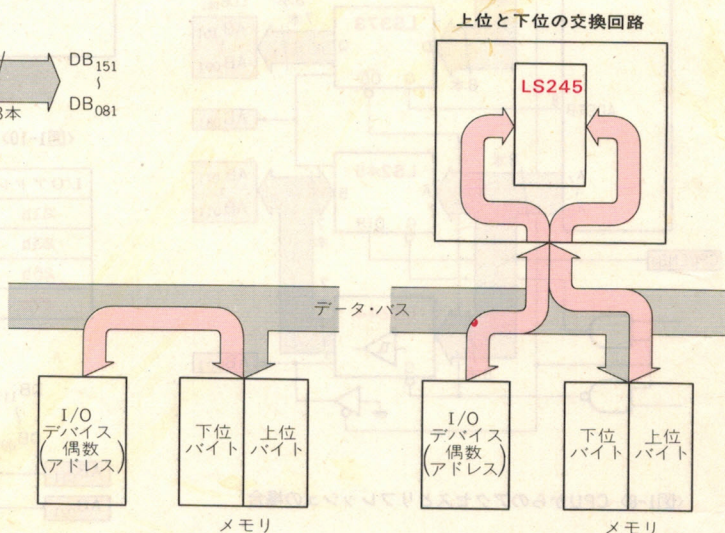
	(RB) DACK20	(RA) DACK30
チャネル0動作時	1	1
チャネル2動作時	0	1
チャネル3動作時	1	0

〈図1-13〉バンク・レジスタの配置

RA	RB	内容
0	0	—
0	1	チャネル3動作時
1	0	チャネル2動作時
1	1	チャネル0動作時

なります．チャネル1のアクノレッジは，そのまま$RFSH_0$信号として拡張バスにも出ています．

DMAを使用するI/Oデバイスは，フロッピ・ディスクやハード・ディスクのコントローラですが，それら

〈図1-14〉DMA転送のしくみ

〈図1-15〉データ・バスの上位と下位を結ぶ双方向性バッファ

〈図1-16〉奇数アドレスと偶数アドレスの転送の違い

はI/O空間の偶数アドレス(下位バイト)に接続されています．

DMAを使用する場合は，図1-14に示すように，I/OデバイスがDMACにDMAのリクエスト信号を送ります．すると，DMACはアドレスを発生させ，I/Oデバイスとメモリの間でデータ・バスを通じて直接にデータの転送が行われます．

ここで注意しなくてはならないのは，フロッピ・ディスク・コントローラなどは，データ・バスの下位8ビットに接続されており，そのままでは奇数アドレス(上位バイト)のメモリとは，データの転送が物理的にできないということです．そのため，図1-15のような回路がデータ・バスに接続されており，下位DB_{001}からDB_{071}と上位DB_{081}からDB_{151}とを結んで，奇数アドレスとのデータ転送を可能にしています．奇数アドレスと偶数アドレスの違いを図1-16に示します．

このような理由から，DMAを使用するデバイスはすべて偶数アドレスに存在しています．メモリとメモリの間のDMA転送は，DMACのレジスタが奇数アドレスにあるため使用できません．

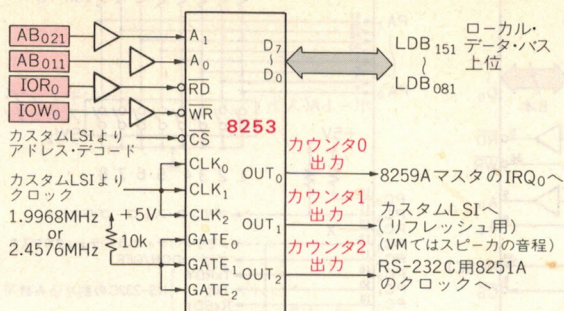
1-4 タイマ回路

プログラマブル・インターバル・タイマ8253には，クロックが8MHzの場合に1.9968MHz，Fなどの5MHzの場合とVMなどの10MHzの場合には，2.4576MHzが供給されています．8253の内部には，3個の独立したカウンタがあります．図1-17に8253の周辺回路を示します．

カウンタ0は，インターバル・タイマとして割り込み発生用にも用いられます．

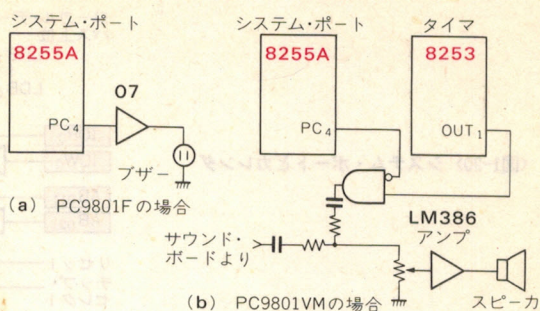
カウンタ1は機種により異なり，Fなどではメモリ・リフレッシュ用に用いられていますが，VMなどからはスピーカの発振音源として使用されるようになっています．Fなどではリフレッシュの周期は28.5μsにセットされています．

したがって，DRAMの256ロウ・アドレスのリフレッシュに7.3msかかりますから，拡張メモリ・ボードなどの設計時にはリフレッシュ・サイクルは4msでは不十分です．それに対し，VMなどでは4msの設計で大丈夫です．VMではリフレッシュは，カスタムIC

〈図1-17〉タイマLSI 8253の周辺回路

〈図1-19〉ブザー回路

〈図1-18〉
8253の機種によるI/Oアドレスの違い

I/Oアドレス		内　容
71h	R/W	カウンタ0 インターバル・タイマ
73h	R/W	カウンタ1 リフレッシュ・サイクル
75h	R/W	カウンタ2 RS-232C用クロック
77h	W	モードのセット

(a) PC9801Fの場合

I/Oアドレス		内　容
71h	R/W	カウンタ0 インターバル・タイマ
73h	R	カウンタ1 スピーカ音程
3FDBh	R/W	
75h	R/W	カウンタ2 RS-232C用クロック
77h	W	モードのセット
3FDFh		

(b) PC9801VMの場合

からの約17μsの周期の信号により行われているからです．

カウンタ２は，RS-232C用のクロックを発生しています．また，カウンタ１の機種による互換性をとるために，I/Oのアドレスに違いがあります．すなわち，同じ8253のカウンタ１を使用しているにもかかわらず，図1-18に示すようにI/Oのデコードを変えてあります．

図1-18からわかるように，Fなどでは７３ｈ番地に値を書くことでリフレッシュ・サイクルを変えることができますが，VMの７３ｈ番地に値を書き込んでもスピーカの音程は変化しません．

音程を変化させる場合は，３ＦＤＢｈ番地に書かなくてはいけません．図1-18の７１ｈ，７３ｈ，７５ｈ，７７ｈ番地は，アドレスの下位８ビットしかデコードしていないという意味で，３ＦＤＢｈ，３ＦＤＦｈはアドレスの16ビットをデコードしているという意味です．

図1-19にブザーの回路を示します．

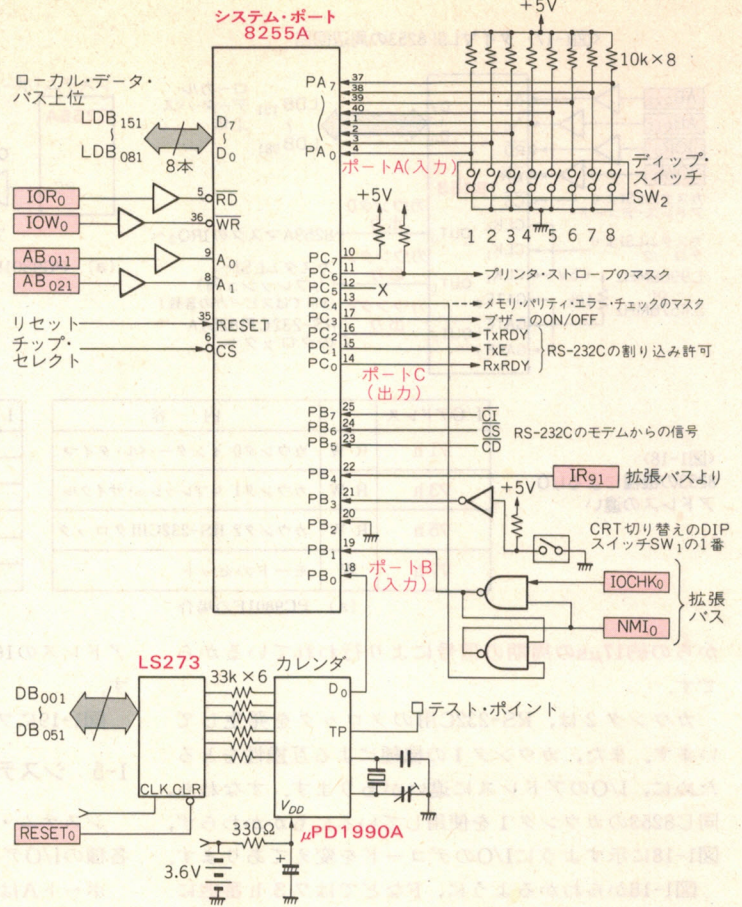
1-5　システム・ポート

システム・ポートには8255Aが１個使用されていて，各種のI/Oデバイスの情報を扱っています．

ポートAは入力で，DIPスイッチSW_2の情報を読み込んでおり，システムが立ち上がるときの状態を決定します．

ポートBも入力で，RS-232C用の信号やカレンダLSI　μPD1990Aのデータを読み込むために使用します．

ポートCは出力で，プリンタ・ストローブのマスク，ブザーのコントロール，RS-232Cの割り込み許可な

〈図1-20〉 システム・ポートとカレンダ

(注) ONは"0", OFFは"1"が見える.

〈図1-21〉 システム・ポートの各ポートの内容

(a) ポートA(入力) ディップ・スイッチ SW2

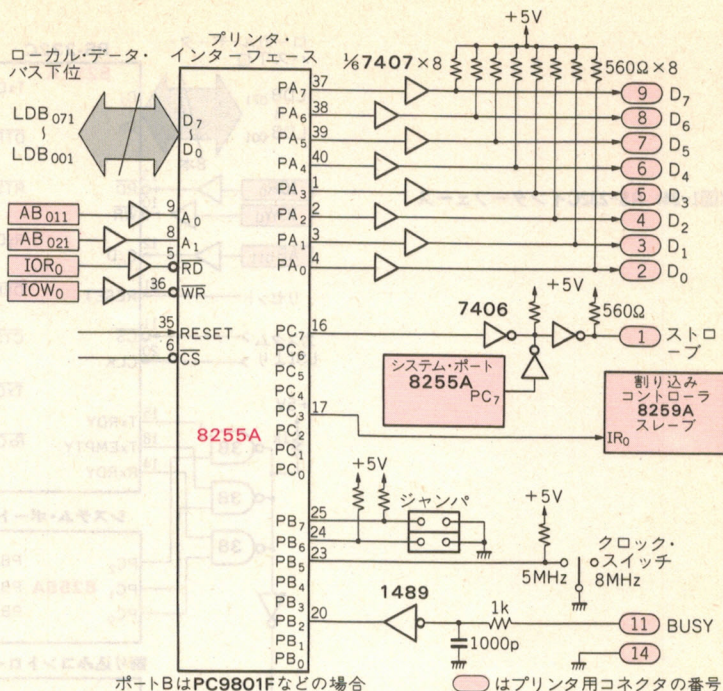
ビット	内容
7	未使用
6	未使用
5	未使用
4	ON：メモリ・スイッチを保存　OFF：メモリ・スイッチを初期化
3	ON：1画面25行　OFF：20行でGDCを初期化
2	ON：1行80文字　OFF：40文字でGDCを初期化
1	ON：ターミナル・モード
0	ON：初期イニシャライズの動作の一部をパス（通常はOFF）

(b) ポートB(入力)

ビット	内容
7	RS-232CのCI信号
6	RS-232CのCS信号
5	RS-232CのCD信号
4	拡張バスのIR_{91} (INT_3：5インチHD)
3	CRTのタイプ. 1＝高解像度(400ライン)　0＝低解像度
2	未使用
1	拡張RAMのパリティ・エラー
0	カレンダμPD1990Aのデータ読み出し

(c) ポートC(出力)

ビット	内容
7	未使用
6	プリンタのストローブ信号のマスク
5	未使用
4	メモリのパリティ・チェック Enable（VMでは未使用）
3	ブザー制御
2	RS-232CのTxRDYによる割り込み許可
1	RS-232CのTxEによる割り込み許可
0	RS-232CのRxRDYによる割り込み許可

〈図1-22〉 プリンタ・インターフェース

〈図1-23〉 プリンタ・インターフェース 8255AのポートBの内容(42h)

(a) PC9801Fなどの場合

ビット	内容
7 6	0 0:PC9801　1 0:E/F/M、VM/VF　1 1:U2　機種のフラグ
5	0:5MHz　1:8MHz　クロック周波数
4 3	未使用
2	プリンタのBUSY信号
1 0	未使用

(b) PC9801VMなどの場合

ビット	内容
7 6	0 0:PC9801　1 0:E/F/M、VF/VM　1 1:U2　機種フラグ
5	0:10MHz　1:8MHz　クロック周波数を選択
4	0:LCDプラズマ・ディスプレイを使用
3	0:16色表示機能、高速描画機能を使用
2	プリンタのBUSY信号
1	0:8086-2　1:μPD70116(V30)　CPUのタイプを選択
0	0:VM　1:VF　機種を選択

(c) PC9801VXの場合

ビット	内容
7 6	1 0:VX　機種のフラグ
5	0:10MHz(V30)　1:8MHz(V30、80286) クロック周波数を選択
4 3 2	VMと同じ
1	0:80286　1:V30　CPUのタイプを選択
0	0

どに使用されています．このシステム・ポート部，回路構成を図1-20に示します．また，システム・ポートの内容を図1-21に示します．

ポートAとディップ・スイッチSW_2との関係で注意しなくてはならないのは，SW_2がONになると対応するポートAのビットが“0”となり，SW_2がOFFになると“1”になるということです．

1-6　プリンタとのインターフェース回路

プリンタ・インターフェースには汎用の8255Aが使用されています．図1-22のようにシステム・ポートからプリンタのストローブ信号をマスクしたり，割り込みコントローラへ割り込みをかけたりできるようになっています．

また，ポートBは入力で，プリンタのビジィ信号の

〈図1-24〉RS-232Cインターフェース

ほかにシステムのタイプなどの情報も得られます．ただし，この部分については機種により異なるので注意してください．図1-23に8255AのポートBの内容を示します．

1-7 RS-232Cのインターフェース回路

RS-232Cのインターフェースは，図1-24に示したように8251Aを使用した標準的な回路です．

回路を見ればわかるように，システム・ポートのポートBでモデムのコントロール信号が読めるようになっており，ポートCから割り込みの許可の制御も可能になっています．

内部と外部のクロックの切り替えは，図1-25のように機種により異なります．

PC9801Fなどでは4個のディップ・スイッチが使用されていましたが，VMからは1個のディップ・スイッチで簡単に切り替えが可能になりました．

1-8 キーボード・インターフェース回路

キーボードからは，信号線4本と電源，アースの計6本が，カール・コードにより出ています．

キーボードの100個のキー(VMなどは101個)が押されたとき(MAKE)と離されたとき(BREAK)にそれぞれ信号が8251Aに送られます．8251Aは信号を受け

〈図1-25〉RS-232Cクロック切り替え部分

(a) PC9801Fなどの場合

(b) PC9801VMなどの場合

〈図1-26〉 キーボード・インターフェース

〈図1-27〉 キーボードのブロック図

ると割り込みを発生させます．キーボード・インターフェース部の回路構成を図1-26に示します．また，キーボードと本体の接続図を図1-27に示します．

1-9 マウスとのインターフェース

マウスとのインターフェースには8255Aが用いられており，8255Aの先にはマウスの移動量カウンタとマウスのスイッチが接続されています．その他にはタイマICがあり，定期的に割り込みをかけることができます．

通常は，タイマにより約8.3msごとに割り込みがかかります．この割り込みのたびにマウスの移動量を監視して，マウス・ドライバ内の位置情報やスイッチの状態情報を更新し，アイコンでの表示の必要性があれば表示を行います．

また，タイマからの割り込みレベルは，ジャンパによって変更できるようになっています．通常はIR_{131}(INT6)になっています．

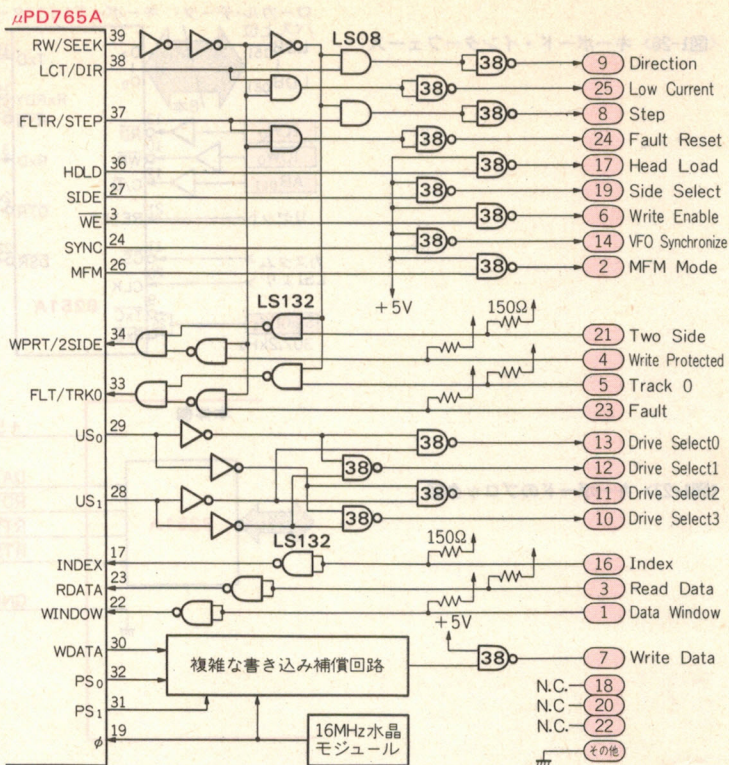
マウス・インターフェースは，I/O空間に16ビットのデコードがされていますが，下位8ビットがD9h，DBh，DDh，DFhなどを使用していますので，下位8ビットのみをデコードしてDXh番台のI/O空間を使用していた拡張基板とはアドレスがぶつかりますので注意してください．

〈図1-28〉 FDコントローラのDMA信号と割り込み信号

1-10 フロッピ・ディスク・インターフェース

フロッピ・ディスクのコントローラには，μPD765Aを使用しています．また，前にも説明したようにFDCとのデータ転送にはDMAを使用します．

その手順は，

〈図1-29〉 1MバイトFDインターフェースと μPD765Aの接続

①CPUがDMAコントローラをセットする．
②CPUがFDCにコマンドを送る．
③FDCがDMAのリクエストをDMAコントローラに送る．
④１バイトのデータが転送される．
⑤DMAコントローラからFDCにDMAのアクノレッジ信号が送られる．
③～⑤を繰り返す．
⑥転送が終わるとDMATC₀信号がDMAコントローラからFDCに送られる．
⑦FDCは割り込みをかける．
⑧CPUは通常の処理を続ける．
となります．

拡張バスのDMA関係の信号とFDCの間の接続を図1-28に示します．この例は，１Mバイト用フロッピ・ディスク・インターフェースの拡張基板をもとにしたものです．640Kバイト・フロッピ・ディスク・インターフェースには，インターフェース・ボード上にDMAの禁止フラグなどがあり，データ・セパレータなども乗っています．

参考のため，図1-29に１Mバイト・フロッピ・ディスク用のインターフェース回路とFDCとの接続図を示します．自作をしてフロッピ・ディスク・ドライブを接続する場合などに参考になると思います．

[2]PC9801シリーズのメモリ構成と割り込み

ここでは，PC9801シリーズの機種になるべくよらずに，共通に関係しているソフトウェアの一部について解析したものを紹介します．

2-1　PC9801シリーズのメモリ構成

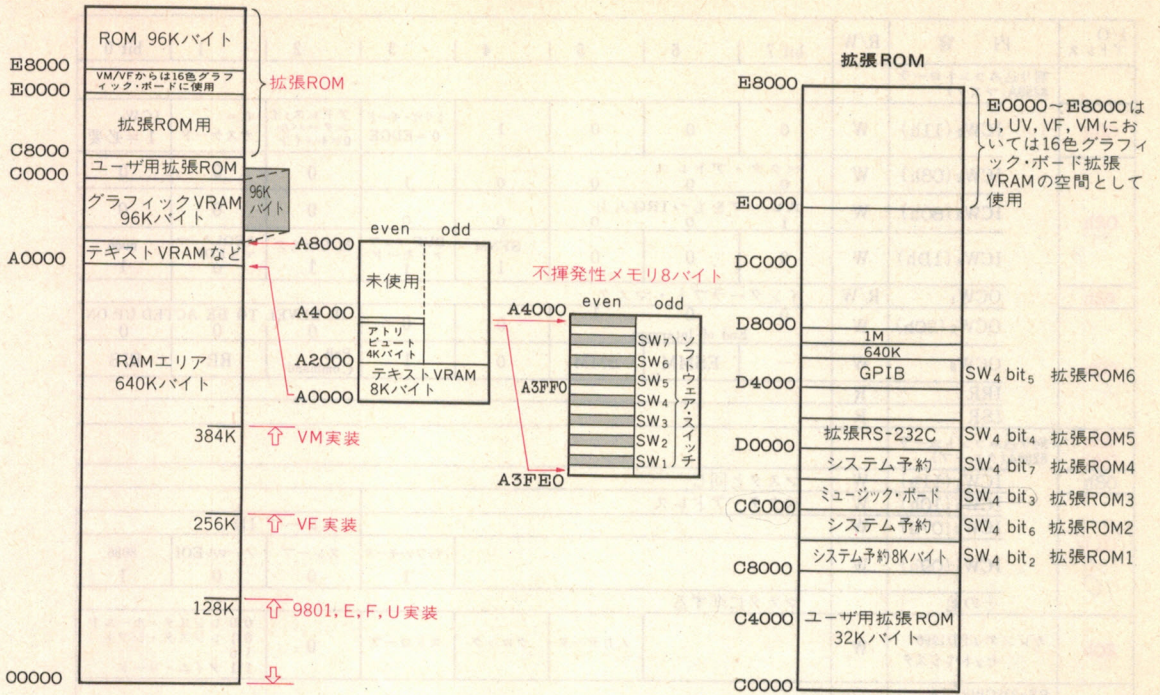
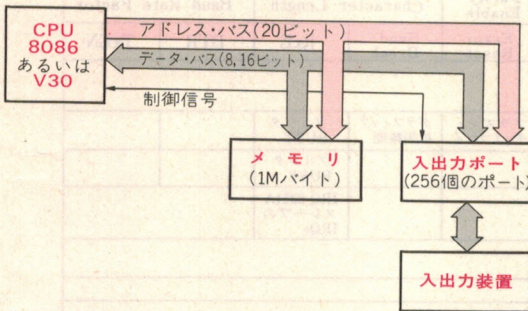
PC9801では，8086-2あるいは上位コンパチブルであるV30(μPD70116)という16ビット・マイクロプロセッサを使用していますが，このCPUは１Mバイトまでの物理アドレスを生成することができ，さらにI/O空間をメモリ空間と独立にもっています．

したがって，PC9801シリーズのメモリ構成を簡単に示すと図2-1のようになっています．

また，１Mバイトのメモリ空間は図2-2に示すように割り付けられています．

PC9801シリーズでは，０～９ＦＦＦＦｈまでの640Kバイトをフリー RAM，その残りをCRT(グラフィックスやテキスト)用のV-RAMやROM-BIOS(N_{88} BASICインタプリタをふくむ)などに割り当てています．

フリーRAMは，E/Fタイプで，128Kバイトが標準実装されていますが，VMでは384Kバイトが標準実装になります．また，グラフィックV-RAMは，同じアドレスをバンク切り替えで使用し，96KバイトのV

〈図2-2〉PC9801シリーズのメモリ・マップ

〈図2-1〉PC9801シリーズのメモリ構成

-RAMが２画面分用意されています．そして，ＥＯＯＯＯｈからの32Kバイトは中間色表現のためのV-RAMエリアになっています．

2-2 I/O空間の割り付け

CPUのデータ・バスは16本ですが，使用している周辺インターフェースLSIはすべて８ビット用のものが用いられています．したがって，I/O空間では，データ・バスを下位８ビットと上位８ビットの二つに分けて使用しています．

このため，D_0からD_7までの下位８本のデータ・バスにつながれたLSIは偶数アドレスとなり，D_8からD_{15}までの上位８本につながれたLSIは奇数アドレスとなります．

したがって，複数のアドレスを占めるチップはアドレスが連続とはならず，奇数または偶数アドレスに一つ飛びになってしまいます．

そこで，見やすいように偶数アドレスと奇数アドレスに分けたI/Oマップを図2-3に示します．また，これをさらに見やすくしたものを図2-4に示します．

図2-4を見ればわかるように，I/O空間のアドレス・デコードはきわめて不完全です．I/O空間をぜいたくに使ってチップが配列されており，アドレスの間隙にはむだなイメージが見えています．さらにアドレスは，一部の例外を除いて，下位の８ビットしかデコードされておらず，I/O空間の大部分はすでに埋まってしまっています．

例外は，VF/VMから標準装備になったマウスのインターフェースなどで，16ビットのアドレス・デコードがなされています．しかし，それらもユーザが使用可能であったわずかな空間に入り込んできています．

８ビットしかデコードされていないチップは，上位８ビットを何に指定してもアクセスすることができます．例えば，割り込みコントローラ8259Aは，ＯＯＯＯｈでもＯ１ＯＯｈでもＦＦＯＯｈでも，下位８ビットがＯＯｈであれば同じレジスタが見えることになります．16ビット・デコードされているチップは，16ビットをすべて指定しなくてはなりません．

このように，ユーザが使用可能なI/O空間は非常に狭いので，自作や市販のボードの間でアドレスの衝突が起こりやすく，設計にあたっては注意が必要です．すなわち，容易にI/Oアドレスを変更できるような処置が，ハードウェアとソフトウェアの両面に要求され

〈図2-3〉PC9801シリーズのI/Oマップ

I/Oアドレス	内容	R/W	bit 7	6	5	4	3	2	1	bit 0
	割り込みコントローラ 8259A(マスタ)									
00h	ICW1(11h)	W	0	0	0	1	トリガ・モード 0＝EDGE	アドレス・インターバル 0=4バイト	0＝カスケード	ICW4 1＝必要
02h	ICW2(08h)	W	ベクタ・アドレス 0	0	0	0	1	0	0	0
	ICW3(80h)	W	スレーブをもつIRQ入力 1	0	0	0	0	0	0	0
	ICW4(1Dh)	W	0	0	0	SFNM 1	BUFバッファ・モード 1	M/Sマスタ 1	AEOIノーマルEOI 0	8086 1
02h	OCW1	R/W	インターラプト・マスク							
00h	OCW2(20h)	W	0	0 End of Interrupt	1	0	0	IR LEVEL TO BE ACTED UP ON 0	0	0
	OCW3	W	—	ESMM	SMM	0	1	Poll Command	RR	RIS
	IRR	R								
	ISR	R								
08h 0Ah	割り込みコントローラ 8259A(スレーブ)									
08h	ICW1(11h)	W	マスタと同じ							
01h	ICW2(10h)	W	ベクタ・アドレス							
	ICW3(07h)	W						スレーブ ID		
	ICW4(09h)	W					バッファ・モード 1	スレーブ 0	ノーマルEOI 0	8086 1
	その他		マスタに準ずる							
20h	カレンダ μPD1990 セット・レジスタ	W			入力データ	クロック	ストローブ	0	00 レジスタ・ホールド 01 レジスタ・シフト 10 11 タイム・リード	
30h	RS-232C用8251A データ	R/W	シリアル・データ							
32h	ステータス	R	DSR	SYNDET	FE	OE	PE	TxE	RxRDY	TxRDY
	モード	W	Stop Bits		Even Parity	Parity Enable	Character Length		Baud Rate Factor	
	コマンド	W	Enter Hunt	Internal Reset	RTS	Error Reset	Send Break	RxE	DTR	TxEN
40h	セントロニクス・プリンタ 8255A Port A	W	データ							
42h	Port B VF, UMの場合	R	プリンタ・タイプ			プラズマ・ディスプレイ	グラフィック拡張機能	プリンタ BUSY		
	Port B E, Fの場合	R	プリンタ・タイプ					プリンタ BUSY		
44h	Port C	W	プリンタ・ストローブ					IRQ 8251A スレーブのIRQ0		
46h	モードとコントロール	W								
50h	NMIコントロール・フリップフロップ	W	NMIを起こさない							
52h		W	NMIを起こす							
60h ～ 6Eh	μPD7220 (テキスト)	R/W								
70h ～ 7Eh	μPD52611 (カスタム)	R/W								
80h	5インチ・ハード・ディスク	R/W	データ							
82h			コントロールとステータス							
90h ～ 96h	1MBフロッピ・ディスク μPD765A									
A0h ～ AEh	μPD7220 (グラフィック)									
C0h ～ C6h	ODA プリンタ 8255A									
C8h ～ CEh	5インチ2DD μPD765A									
D0 ～ DE EC EE FO	ユーザ用といわれている部分									

(a) 偶数アドレス(D0～D7につながるI/O)

〈図2-3〉PC9801シリーズのI/Oマップ(つづき)

I/O アドレス	内容		R/W	bit 7	6	5	4	3	2	1	bit 0
	DMAコントローラ 8237A										
01h 03h		Channel 0		Base Address Register Base Word Count Register							
05h 07h		Channel 1	R/W								
09h 0Bh		Channel 2									
0Dh 0Fh		Channel 3									
11h		Status Register	R	Request CH_3	CH_2	CH_1	CH_0	has Reached TC CH_3	CH_2	CH_1	CH_0
		Command Register	W	DACK	DREQ	Write	Priority	Timing	Enable	CH_0	M-M
13h		Request Register							Set/Reset Request	Channel No.	
15h		Single Mask Register	W						Set/Clear Mask Bit	Channel No.	
17h		Mode Register		Mode Select		Decrement Increment	Auto initialize	Transfer		Channel No.	
19h	Clear Byte Pointer Flip/Flop										
1Bh		temporary Register	R								
		Master Clear	W								
1Fh		All Mask Register bit	W					CH_3	CH_2	CH_1	CH_0
	DMAコントローラ・バンク・レジスタ										
21h				使用できない							
23h		Channel 2	W					A_{19}	A_{18}	A_{17}	A_{16}
25h		Channel 3									
27h		Channel 0									
	システム・ポート 8255A										
31h		ディップSW No. 2 Port A	R				メモリ・スイッチ初期化しない	画面 1：25行 0：20行	一行 1:80文字 0:40文字	1:ターミナル 0:ベーシック	boot の時 INT 1Fh をしない
33h		Port B	R	$\overline{CI}$	RS-232C $\overline{CTS}$	$\overline{CD}$	5インチHD INT3	CRT TYPE	内部RAM パリティ	外部RAM パリティ	カレンダ読み出し
35h		Port C	W	未使用	プリンタ・ストローブのマスク	未使用	メモリ・チェック・イネーブル	ブザー停止	RS-232Cの割り込み許可 TxRDY	TxE	RxRDY
37h		コマンド	W	Port C のビット操作							
	キーボード 8251A	データ	R								
43h		コマンド・ステータス	R/W								
	5インチ・インテリジェント フロッピ・ドライブ 8255A										
51h		Port A									
53h		Port B	R/W								
55h		Port C									
57h		コマンド・モード	W								
	タイマ8253A										
71h		Counter 0									
73h		Counter 1	R/W								
75h		Counter 2									
77h		Mode Word	W	Select Counter		Read/Load		MODE			BCD
A1h 〜 AFh	漢字 ROM										
C1h 〜 CFh	GPIB μPD7210										
EDh EFh	ユーザ用										
7FD9	マウス用8255A		R	LEFT		RIGHT		移動量4ビット			
7FDB											
7FDD			W	HC	SXY	SHL	INT	0	0	0	0
7FDF			W	8255A のモード・セット							
BFDB	マウス用タイマ		W	タイマ							

(b) 奇数アドレス(D_8〜D_{15} につながるI/O)

ます．

また，複雑なハードウェアの構成となると，16ビットのアドレス空間をデコードすることが望ましいのですが，ハードウェアに負担がかかり，ソフトウェアの面からも入出力命令に直接アドレスが指定できなくなるなどの問題が生じてきます．

FM16βなどのI/O空間の構成は，バイト，ワード・アクセスの両方に十分な配慮があり，また8ビット・チップも連続したアドレスに配置されています．

ユーザが安全に使用できるI/Oアドレスは，ＤＯｈ，Ｄ２ｈ，Ｄ４ｈ，Ｄ６ｈ，Ｄ８ｈ，ＥＤｈ，ＥＥｈ，ＥＦｈぐらいです．ただし，絶対安全とはいえません．安全と思われていたＤ１ｈ～ＤＦｈの奇数アドレスには，マウスのインターフェースやスピーカの音程設定が入ってきましたし，VX登場からはＦＯｈからＦＥｈの偶数アドレスがとうとう使用不能となってしまいました．

BASICから使用することがなければ，ＥＯｈからＥＦｈも安全だと思います．PC9801シリーズには，RAMディスクをはじめ，各種のI/Oインターフェース・カードを使用してデータの取り込み処理や外部機器の制御を行うことが多いと思います．

このような場合に，I/Oアドレスの使用は上記のアドレスに集中しており，特にインターフェース・カードを作っているメーカによってデコード方法がさまざまで，これにソフトウェアがからむとトラブルも多く

〈図2-4〉
I/Oアドレスの早見表

EVEN		ODD	
00, 02	8259Aマスタ	01～0F, 11	DMAC 8237A
	イメージ		
08, 0A	8259Aスレーブ		
	イメージ		
10			
20	カレンダμPD1990	21, 23, 25, 27	DMAバンク
	イメージ		イメージ
30, 32	RS-232C 8251A	31, 33, 35, 37	システム・ポート 8255A
	イメージ		イメージ
40, 42, 44, 46	セントロニクス・プリンタ 8255A	41, 43	キーボード 8251A
	イメージ		イメージ
50, 52	NMI コントロール	51, 53, 55, 57	5″インテリジェントFDD用 8255A
	イメージ		イメージ
60, 62, 64, 66, 68, 6A, 6C, 6E	μPD7220 マスタ・テキスト	61	
70, 72, 74, 76, 78, 7A, 7C, 7E	μPD52611 CRT マスタ・スライス	71, 73, 75, 77	タイマ8253A
			イメージ

EVEN		ODD	
80, 82	ハード・ディスク	81	
	イメージ		
90, 92, 94, 96	8インチFDC μPD765	91	カセット8251A
		93, 95	カセット・コントロール
	イメージ		イメージ
		99, 9B	GPIBスイッチ
A0, A2, A4, A6, A8, AA, AC, AE	μPD7220 スレーブ・グラフィック	A1, A3, A5, A7, A9, AB, AD, AF	漢字キャラクタ・ジェネレータ
B0		B1	
C0, C2, C4, C6	ODAプリンタ 8255A	C1, C3, C5, C7, C9, CB, CD, CF	GPIB μPD7210
C8, CA, CC, CE	5インチFDC μPD765A		
D0		D1	
		D9, DB, DD, DF	カウンタ／マウス用 8255A
E0			

なります．RAMディスクのようにI/OアドレスはＥＣｈで，バンク・レジスタの使用法もほぼ統一されるまでには時間もかかりますし，ＥＣｈを使用していた他の製品は，今後はアドレスを変えざるを得ません．自作，市販を問わず，I/O空間を使用するボードを設計するときは，

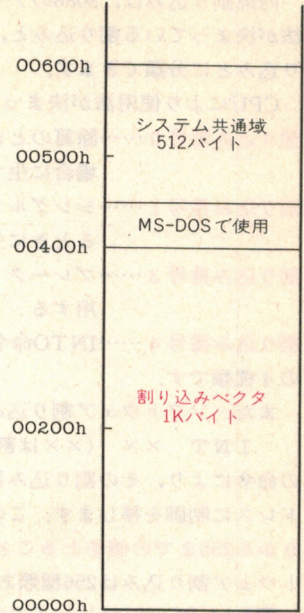
① 必ず，16ビット・デコードを行う．
② アドレスは容易に変更できるようにしておく．
③ ボードをサポートするソフトウェアも容易にアドレスを変えられるようにする．
④ 他で使用していないようなアドレスをなるべく使用する．
⑤ 連続したI/O空間が必要な場合は下位８ビットは固定のまま上位８ビットでI/Oアドレスをセレクトするようなデコードをする．

以上のような注意をお願いします．

また，どうしても連続して広いI/Oアドレスが必要となる場合は，Ｃ００００ｈからＣ８０００ｈまでのユーザ用振張ROM領域を使用することも可能です．

2-3 PC9801シリーズの割り込み

PC9801シリーズでは，割り込みコントローラ8259Aが重要な働きをしています．そこで，ここでは割り込みについて説明します．

PC9801シリーズのメモリ空間で，０００００ｈ番地から００３ＦＦｈ番地までの１Kバイトは，256個の割り込みベクトルとして使用されています．すなわち，０番から255番までの256個がそれぞれ４バイトずつの処理プログラムへのベクトルをもっています(図2-5)．

〈図2-5〉 PC9801のRAMマップ

例えば，割り込み３番が発生すると，００００Ｃｈ番地から００００Ｆｈ番地の４バイトで示されるアドレスのプログラムに制御が移ります．

また，PC9801の割り込みは内部割り込みとハードウェア割り込みに大別できますが，どちらもこの256個のベクトルを使用しています．

▶ 内部割り込み

〈表2-1〉 割り込み番号とその機能

割り込み番号	機能
0	除算エラー
1	シングル・ステップ割り込み
2	NMI割り込み
3	１バイト型内部割り込み
4	オーバフロー
5	ハード・コピー（COPYキー）
6	STOPキー
7	インターバル・タイマ
8	タイマ
9	キーボード
A	CRT
B	拡張バスINT_0
C	RS-232C
D	拡張バスINT_1(CMT)
E	拡張バスINT_2(ODAプリンタ)
F	システム予約
10	セントロニクス・プリンタ
11	拡張バスINT_3(5″HD)
12	拡張バスINT_{41}(5″FD/2D)
13	拡張バスINT_{42}(8″FD)

割り込み番号	機能
14	拡張バスINT_5
15	拡張バスINT_6
16	8087
17	システム予約
18	キーボード，CRT
19	RS-232C
1A	カセット，プリンタ
1B	DISK
1C	カレンダ，インターバル・タイマ
1D	システム予約
1E	N_{88}BASIC
1F	システム予約
20 ～ 3F	システム予約
40 ～ 7F	ユーザ開放
80 ～ 9F	N_{88}BASIC使用
A0 ～ AF	グラフLIO

割り込み番号	機能
B0 ～ BF	DISK LIO BASICシステム予約
C0	ハード・コピー処理
C1	キーボード/CRT
C2	キーボード/CRT
C3 ～ CD	BASICシステム
CE	ハード・コピー(グラフLIO)
CF	機械語モニタ
D0	機械語モニタ
D1	GPIB
D2	MUSIC
D3	BRANCH4670
D4	RS-232C 第２回線
D5	RS-232C 第３回線
D6 ～ F0	BASICシステム
F1 ～ FF	ユーザ解放

内部割り込みは，8086のアーキテクチャにより使用法が決まっている割り込みと，ソフトウェアによる割り込みとに分類できます．

CPUにより使用法が決まっている割り込み番号は，

割り込み番号0……除算のときに0で割り算を行った場合に生ずる

割り込み番号1……シングル・ステップ動作をしているときに生ずる

割り込み番号3……ブレーク・ポイントのセットに使用する

割り込み番号4……INTO命令で使用する

の4種類です．

また，ソフトウェア割り込みはCPUによる，

INT ×× (××は割り込み番号)

の命令により，その割り込み番号のベクトルが示すアドレスに制御を移します．このときの割り込み番号は，0から255までの値をとることができますから，ソフトウェア割り込みは256種類あることになります．

表2-1がPC9801シリーズでの割り込みベクタ・テーブルの内容です．ただし，このベクタ・テーブルはN_{88}BASIC起動の場合の内容であり，MS-DOSなど他のDOSで起動した場合には，割り込み番号0～1Fhまでの内容はほぼ一致していますが，20h～FFhはまったく異なる内容になります．

▶ ハードウェア割り込み

ハードウェア割り込みにも2種類があり，CPUのNMI端子に直接かかるNMI(Non Maskable Interrupt)と，割り込みコントローラ8259Aを通してかかる普通のハードウェア割り込みがあります．

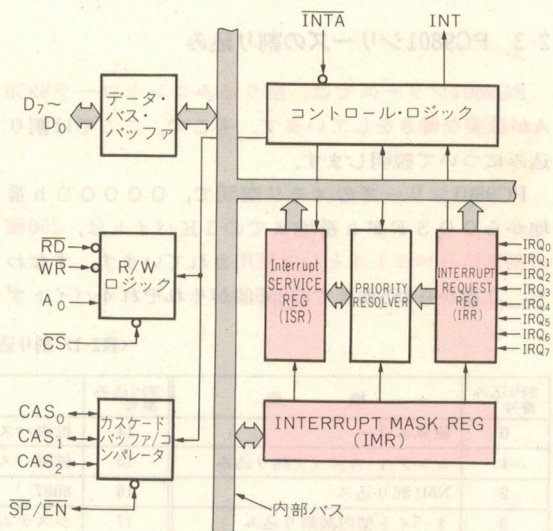
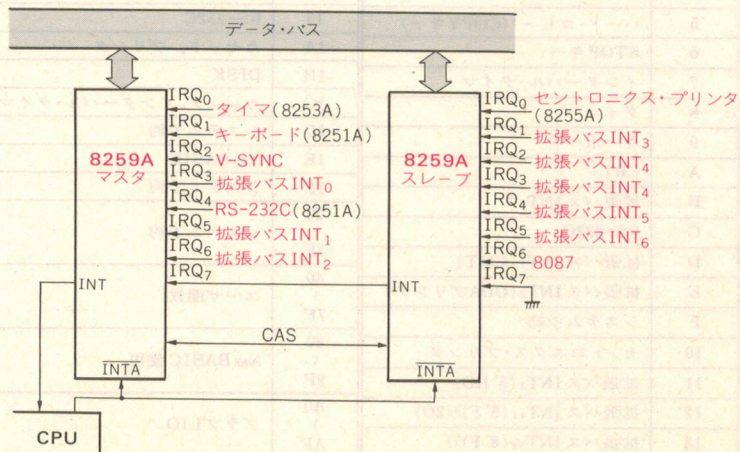
PC9801シリーズでは，NMIはメモリのパリティ・エラーの検出に用いられていますが，I/OポートのNMIマスク用のフリップフロップで割り込み禁止にすることもできます．

2-4 8259Aによるハードウェア割り込み

PC9801シリーズでは，ハードウェア割り込みの制御に，図2-6に示したように2個の8259Aを使用しています．8259Aの内部ブロックは図2-7に示したような構成で，1個で8本の外部割り込みを制御することができ，2個の8259Aにより7本ずつ，計14本の割り込みを使用しています．

その内訳は，本体内部のI/Oなどに6本，拡張バスに8本です．PC9801にはBIO(Basic I/O)というソフトウェアによる周辺装置のサポートがありますから，ユーザが割り込み処理のプログラムを作る必要はまずありません．

しかし，特別なハードウェアを使用する場合に高速な処理が必要になって，タイミングや時間の管理を正確に行わなければならないような場合には，割り込みコントローラと周辺I/Oデバイスとの関係を知ってい

〈図2-7〉8259Aの内部ブロック図

〈図2-6〉
2個の割り込みコントローラの接続関係

なければなりません．

8259Aには，IRQ_0からIRQ_7までの８本の割り込み要求入力信号線があり，それらに対応する８ビット・レジスタを内部にもっています．

すなわち，

①割り込み要求レジスタ（IRR）
②割り込みサービス・レジスタ（ISR）
③割り込みマスク・レジスタ（IMR）
の三つです．

これらは，現在の割り込みの状態を知らせるもので，IRRは割り込み処理を要求しているすべての割り込み信号の状態を知ることができ，ISRはその時点で実際に処理している割り込みがどれかを知ることができます．

また，割り込みを禁止するにはCPUによるＣＬＩ，ＳＴＩ命令で制御することもできますが，この場合にはすべての割り込みが同時に禁止されてしまいます．そこで，IMRは８個の割り込み要求について独立に割り込みの禁止/許可をすることができるレジスタで，さらに禁止の状態を知ることもできます．

割り込み要求が発生すると，IRRの割り込みに対応するビットが立ちます．そして，8259AはCPUに対してINTの信号を送り，CPUの処理を中断させます．8259Aは，そのとき要求されている割り込みのうち，最も優先順位の高い割り込みをISRにセットして，あらかじめセットされている８ビットの０から255までの割り込み番号の中の一つをCPUに送ります．

CPUは，その割り込み番号に対応する割り込みベクトルに書いてあるアドレスを読み込み，そのアドレスへ制御を移します．そのあとＩＲＥＴ命令に出会うと割り込み発生前の処理に戻ります．

2-5　PC9801での8259Aの働き

PC9801シリーズに使われている２個の8259Aは，一方がマスタ，他方がスレーブとなり，マスタはI/O空間の００ｈと０２ｈ番地に配置され，スレーブは０８ｈと０Ａｈ番地に配置されています．

また，通常のイニシャライズ状態では，マスタが256個の割り込み番号の０８ｈ番から０Ｆｈ番の８個を使用し，スレーブが１０ｈ番から１７ｈ番を使用しています．

例えば，キーボードをたたいた場合には，マスタの8259AのIRQ_1にキーボードのインターフェースを行っている8251Aからの割り込み信号が入っていますから，8259AはCPUに割り込み番号０９ｈ番を送り，CPUはメモリ空間の０００２４ｈから０００２７ｈ番地の４バイトに書かれているアドレスに制御を移します．

したがって，割り込み処理プログラムを独自のものに変更したり，拡張バスの割り込み信号を使用して，ハードウェアの制御をする場合などは，割り込みの処理プログラムを書いて，そのアドレスを対応するベクトルに書き込むことが必要です．

2-6　割り込み処理プログラムの書き方

割り込みの処理中に他の割り込みの要求があった場

〈リスト2-1〉マスタへの割り込みのEOIの送り方

```
label1:                      ; 割り込み入口
          push    ax
          push    ...
           :
      (割り込みの処理)
           :
          pop     ...

          mov     al,20h  ; マスターにＥＯＩを送る
          out     0,al    ;

          pop     ax
          iret
```

〈リスト2-3〉IRRの読み方

```
マスターの場合        スレーブの場合
:                     :
mov  al,0Ah           mov  al,0Ah      ;読み込みの要求
out  00h,al           out  08h,al      ;
in   al,00h           in   al,08h      ;ＩＲＲ読み込み
```

〈リスト2-4〉ISRの読み方

```
マスターの場合        スレーブの場合
:                     :
mov  al,0Bh           mov  al,0Bh      ;読み込みの要求
out  00h,al           out  08h,al      ;
in   al,00h           in   al,08h      ;ＩＳＲ読み込み
 :                    :
```

〈リスト2-2〉スレーブへの割り込みのEOIの送り方

```
label2:                      ; 割り込み入口
        push    ax
        push    ...
         :
    (割り込みの処理)
         :
        pop     ...

        mov     al,20h  ; スレーブにＥＯＩを送る
        out     08h,al  ;

        mov     al,0Bh  ; スレーブのＩＳＲを読む
        out     08h,al
        in      al,08h

        cmp     al,0    ; まだ処理があるか?
        jnz     exit2   ;    まだ処理が残っている
                        ;        マスターにはＥＯＩは送らない
        mov     al,20h  ;    全処理終了=マスターにＥＯＩを送る
        out     00h,al
exit2:
        pop     ax
        iret
```

〈リスト2-5〉IMRの操作の仕方

```
マスターの場合        スレーブの場合
 :                    :
in   al,02h           in   al,0Ah      ;ＩＭＲ読み込み
and  al,xxx           and  al,xxx      ;  割り込み許可
or   al,yyy           or   al,yyy      ;  割り込み禁止
out  02h,al           out  0Ah,al      ;ＩＭＲ書き込み
 :                    :
```

合は，そのときに処理している割り込みの優先順位よりも高い場合にはその処理を中断し，優先順位の高い処理を行いますが，優先順位の低い要求の場合は現在行っている処理が終了するまで待たされます．

通常の優先順位は，マスタのIRQ_0が最も高く，IRQ_1，IRQ_2…の順に低くなり，スレーブのIRQ_7が最も低い順位となります．このとき問題となるのは，割り込み処理が終了したことを割り込みコントローラに知らせる必要があるということです．

その時点で処理している割り込みコントローラに割り込み処理の終了を知らせなければ，ISRの割り込みレベルに対応するビットはいつまでもクリアされず，したがって，その割り込みよりも優先度の低い割り込み要求は待たされたままになってしまいます．

このため，通常は割り込み処理の終了時にEOI (End of Interrupt)を8259Aに送らなければなりません．EOIを8259Aが受けると，そのレベルの割り込み処理は終了し，他の割り込みを受けられるようになります．

マスタにかかった割り込み処理の場合は，マスタにEOIを知らせるだけですが，スレーブにかかった割り込みの場合には，マスタとスレーブの両方にEOIを送らなくてはなりません．

スレーブが複数の割り込みを受け付けている場合は，ISRを監視してすべてのスレーブに対する割り込み処理が終わったことを確かめてから，マスタにEOIを送るという手順を踏みます．これらのプログラム例をリスト2-1～リスト2-5に示します．

ただし，BASICを使用するときには，BASIC自体が割り込みコントローラを相当に使用していますので，スレーブの外部割り込みを使用している場合に，割り込み処理プログラムがマスタにもEOIを送るとトラブルが発生する場合があります．

そのような場合，マスタには手をつけず，スレーブのみにEOIを送ると解決する場合が多くあります．

2-7 8259Aの初期化

PC9801シリーズに使用している8259Aは4種類のICW (Initialization Command Words)を設定しなければなりません．

それぞれのICWの意味を図2-8に示します．ICW_1は，割り込み入力がレベル・トリガかエッジ・トリガかの選択を行います．

また，ICW_2により，マスタ8259Aは割り込み番号の０８ｈ番から０Ｆｈ番を使用し，スレーブ8259Aは１０ｈ番から１７ｈ番を使用するように設定されています．

ICW_4では，通常のEOIモードと自動EOIモードの設定をします．通常のEOIモードでは，割り込み処理終了時にEOIを発行しないとISRはクリアされませんが，自動EOIモードではCPUに割り込み番号を渡した段階で，ISRを自動的にクリアしてしまいます．したがって，自動EOIモードでは処理の終わりにEOIを発行する必要がなくなります．

〈図2-8〉 ICWの意味

〈図2-9〉 OCWで使用できるコマンド

以上のICW_1からICW_4までの手続きにより，割り込みの受け付けが可能になります．

2-8　8259Aのコマンド・ワード

8259Aを初期化した後は，8259Aに対して図2-9に示したような３種類のコマンドOCW(Operation Command Word)を送ることができます．これらの３種のOCWには順序はありません．OCW_1ではIMRの内容をアクセスすることができ，各割り込み入力に対して割り込み許可と禁止が可能です．

通常は，割り込み入力には優先順位があり，スレーブよりはマスタが，IRQ_7よりはIRQ_0が高い優先順位をもっています．このため，割り込みを要求すると順位の高いものが優先して処理されますが，割り込みの利用法においては同じ順位で割り込みのサービスを受けたいような場合も発生します．

そのような複雑な要求に対し，優先順位を変更したり，処理が終わった直後の割り込みの順位を下げるといった処理をOCW_2とOCW_3により指定することができます．

3 PC9801シリーズの周辺ハードウェアとBIOS

PC9801シリーズのほとんどの周辺ハードウェアには，基本的な操作についてBIOSのサポートがあります．これらはおもに内部割り込みの１８ｈから１Ｃｈで行われており，ハードウェアを直接操作するソフトウェアの使用に当たっては，これらの割り込みベクタを破壊しないのみならず，システム共通領域である００４００ｈから００５ＦＦｈまでの512バイトのメモリ空間を保存する必要があります．

また，これらのソフトウェアは，使用しているアプリケーションにほとんどよらずに使用することが可能です．以下に各周辺ハードウェアの概要を述べます．

3-1　キーボード・インターフェース

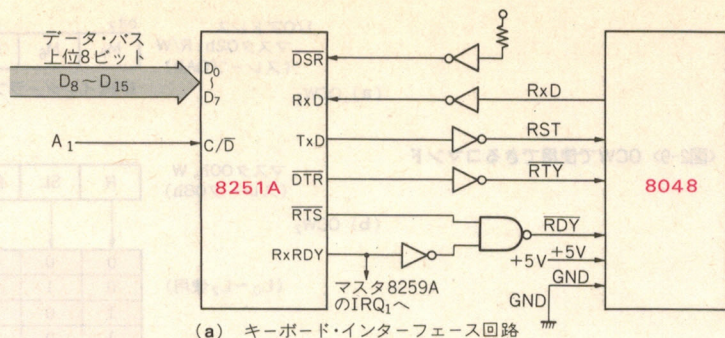
キーボード用のコネクタには５本の信号線と，電源，アースの合計７本が出ています．

図3-1に示したようにキーボードはそのうちの６本で本体とつながっています．キーボードの内部にはワンチップ・マイコン8048が用いられており，本体には8251Aが使用されています．8251Aは奇数パリティつき８ビット調歩モードにセットされており，19.2 kbpsのシリアル・データをキーボードから受けています．

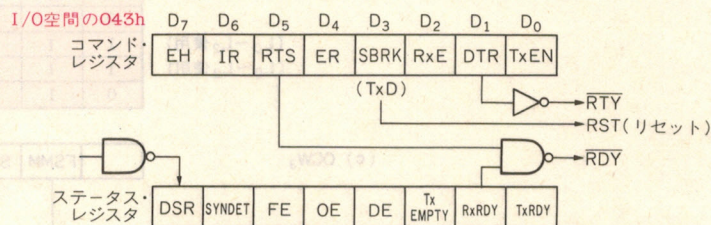
キーボードから本体へは，RxDにキーが押されたときと離されたときに１度ずつ，図3-2に示したようなコードでその情報がシリアル・データで送られてきます．

本体からキーボードへは，RxRDYと$\overline{RTS}$のANDをとったもの，およびTxD，$\overline{DTR}$の３本の信号線があります．$\overline{RTS}$は，本体がキーボードからの情報を受けることが可能なことを，また$\overline{DTR}$は直前に送られた情報の再送の要求をそれぞれ表します．

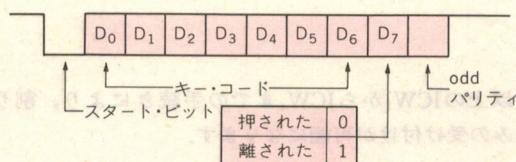
TxDについては，8251Aに対してSend Breakコマ

〈図3-1〉キーボード・インターフェース

(a) キーボード・インターフェース回路

(b) 8251Aの内部レジスタ

〈図3-2〉キーボードのシリアル・コード

ンドを実行することで，TxDを“L”にしてキーボードのリセットをしています.

キーボードから送られるシリアル・データは，図3-3に示したように100個のキーを7ビットで表し，そのキーが押された(0)，離された(1)ことを表すのに1ビットを使用しています．送られる情報はシフト・キー，コントロール・キーなどを含めて物理的なキーの押し/離しの情報で，キャラクタ・コードとはまったく関係ありません.

8251AのRxRDYは，割り込みコントローラ8259A(マスタ)のIRQ_1に接続されています．キーボードからのシリアル・データを8251Aが受けると内部割り込み09hが発生します．通常は，割り込み処理プログ

5インチ・フロッピ・インターフェースを用いたデータ伝送

PC9801E，Fに標準に装備されている5インチ・フロッピ・ディスク・インターフェースを使用して，2台のPC9801の間でデータを送る簡単なプログラムの例を示します．この部分は，本来はインテリジェント・タイプの5インチ・フロッピ・ディスク・ドライブとのインターフェースのために使用されるものですが，回路的には8255Aの24本の入出力ピンが直接にコネクタに出ているだけです.

プログラマブル・ペリフェラル・インターフェース用LSI 8255Aは，最も広く用いられているLSIの一つです．PC9801シリーズでもセントロニクス・プリンタ・インターフェース，5インチ・インテリジェント・フロッピ・インターフェース，システム・ポートと多くの場所に用いられています．また，PC9801シリーズに何らかのハードウェアを接続する場合に使用するチャンスも多いでしょう.

8255Aは，24本の入出力ピンをもっており，12本ずつグループAとグループBとに分けることができます．二つのグループ独立にモードをセットすることが可能で，

▶モード0：単純な入出力ポート
▶モード1：ハンドシェイク入出力ポート
▶モード2：双方向ハンドシェイク・ポート

として使用することが可能です．ただし，モード2はグループAのみが可能です.

このプログラムでは8255Aをもっとも簡単なモード0にイニシャライズし直します．送信側のポートAを出力，ポートCの下位4ビットを出力に，上位4ビットを入力にします．受信側はポートAを入力，ポートCの上位4ビットを出力に，下位4ビットを入力にセットして，ポートAでデータの送受を，またポートCでソフトでのハンドシェイクを行っています.

〈図3-3〉キーのグループ番号

キーの物理番号(7bit) D6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
D5	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	
D4	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	
D3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
D2 D1 D0																	グループの中の対応するビット
0 0 0	ESC	(8 ュ ユ	Q タ	O ラ	F ハ	}] 」 ム	< , , ネ	INS	−	6	・		STOP	f・7	SHIFT		bit0
0 0 1	! 1 ヌ	) 9 ョ ヨ	W テ	P セ	G キ	Z ッ ツ	> ・ 。 ル	DEL	／	+	NFER		COPY	f・8	CAPS		bit1
0 1 0	" 2 フ	0 ヲ ワ	E ィ イ	~ @ ゛	H ク	X サ	? ／ ・ メ	↑	7	1			f・1	f・9	カナ		bit2
0 1 1	# 3 ァ ア	ニ − ホ	R ス	{ [「 ・	J マ	C ソ	− ロ	←	8	2			f・2	f・10	GRPH		bit3
1 0 0	$ 4 ゥ ウ	∧ ヘ	T カ	⏎	K ノ	V ヒ	△	→	9	3			f・3		CTRL		bit4
1 0 1	% 5 ェ エ	¦ ¥ ー	Y ン	A チ	L リ	B コ	XFER	↓	*	=			f・4				bit5
1 1 0	& 6 ォ オ	BS	U ナ	S ト	+ ; レ	N ミ	ROLL UP	HOME CLR	4	0			f・5				bit6
1 1 1	' 7 ャ ヤ	TAB	I ニ	D シ	* : ケ	M モ	ROLL DOWN	HELP	5	,			f・6				bit7
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	

ラムがデータを取り込み，キーボードの内部状態をBIOS内部に保持し，さらにCOPYキーかSTOPキーが押されたなら内部割り込み０５ｈか内部割り込み０６ｈを発生させます(図3-4)．

BIOS内部にはキーボードの情報が常に用意されており，キーの押し/離しのたびにその情報は更新されています．ユーザがキーボードの情報を得るにはBIOSを用いるのが最も簡単です．もちろん内部割り込みの０９ｈ番を書き換えて直接データを得てもかまいませんが，キーボードから送られてくるのはキャラクタ・コードではありません．8251AはI/Oアドレスの４１ｈと４３ｈにあります．

キーボード操作に関するBIOSは，内部割り込み１８ｈによって呼び出します．キーボードに関する内部

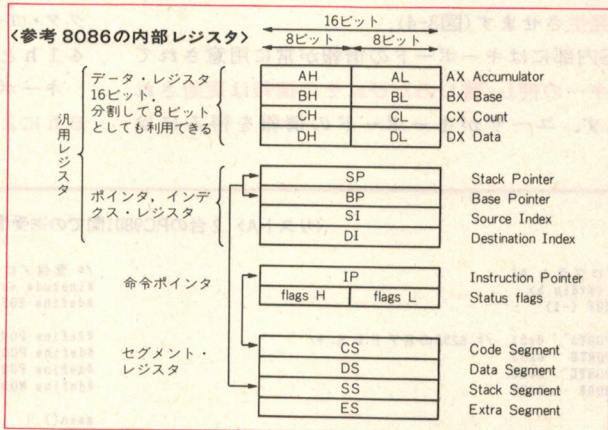
〈リストA〉２台のPC9801間での送受信プログラム

```
/* 送信プログラム */
#include <stdio.h>
#define EOF (-1)

#define PORTA   0x51  /* 8255の各アドレス */
#define PORTB   0x53
#define PORTC   0x55
#define MODE    0x57

main() {
     int c ;
     init_pio() ;
     while( (c=getchar()) != EOF )
          send( c ) ;
}

init_pio()                  /* 8255のイニシャライズ */
{
     outportb( MODE , 0x88 ) ;  /* ポートAとポートCの下位を */
     outportb( PORTC , 0 ) ;    /*    出力にイニシャライズ   */
}

send( c )
     int c ;
{
     while( ( inportb( PORTC ) & 0xF0 ) != 0x00 )
          ;                /* 受信側が受信可能になるのを待つ */
     outportb( PORTA , c ) ;                  /* 一文字送信 */
     outportb( PORTC , 0x0F ) ;   /* 送信したことを知らせる */
     while( ( inportb( PORTC ) & 0xF0 ) != 0xF0 )
          ;                   /* 受信側が受信するのを待つ */
     outport( PORTC , 0 ) ;               /* 送信終了を送る */
}
```

```
/* 受信プログラム */
#include <stdio.h>
#define EOF 0x1A

#define PORTA   0x51  /* 8255の各アドレス */
#define PORTB   0x53
#define PORTC   0x55
#define MODE    0x57

main() {
     int c ;
     init_pio() ;
     while( (c=recchar()) != EOF )
          putchar(c);
}

init_pio()                  /* 8255のイニシャライズ */
{
     outportb( MODE , 0x93 ) ;  /* ポートAとポートCの下位を */
     outportb( PORTC , 0 ) ;    /*    入力にイニシャライズ   */
}

recchar( )
{
     while( ( inportb( PORTC ) & 0x0F0 ) != 0x0F )
          ;
                           /* 送信されるのを待つ */
     c = inportb( PORTA ) ;             /* 一文字受信 */
     outportb( PORTC , 0xF0 ) ;   /* 受信したことを知らせる */
     while( ( inportb( PORTC ) & 0x0F ) != 0x0F )
          ;                /* 送信側の送信終了を待つ */
     outport( PORTC , 0 ) ;             /* 受信終了を送る */
     return c ;
}
```

〈図3-4〉
キーボードからの入力データの流れ

AH	動　　作	リターン・バリュ	
00h	1文字入力 キー・バッファが空なら入力を待つ	AH＝キー・トップに1対1対応の物理番号 AL＝キャラクタ・コード	
01h	キー・バッファの先頭を見る． バッファは変化しない．	BH＝0：バッファが空，1：中身がある AH＝キー・トップに1対1対応の物理番号 AL＝キャラクタ・コード	
02h	シフト・キーの状態	AL＝押されているキーに対応するビットが"1"になる． D_4：CTRL　D_3：GRPH　D_2：カナ　D_1：CAPS　D_0：SHIFT	
03h	キーボード関係の初期化	バッファ，ハードウェアの初期化	
04h	キーボードの状態のセンス	アーギュメント AL＝グループ番号 （00h～0Fh）	リターン・バッファ AH＝グループのキーの状態
	100個のキーを8個ずつ16組のグループにわけ，そのグループのキーの状態を得る		

〈図3-5〉
キーボードに関するBIOSのサポート
（内部割り込み18h）

割り込みを図3-5に示します．呼び出した後は，出力以外のすべてのレジスタは保存されます．

BASICからはＩＮＰ関数を用いて，I/O空間のＥＯｈからＥＣｈまでをスキャンすることで，キーボードの状態を直接に知ることができます．これは，PC8000シリーズとの互換性のためにBASIC上でソフトウェアがサポートしているもので，I/OのＥＯｈからＥＣｈに物理的に何かのチップがつながっているわけではありません．

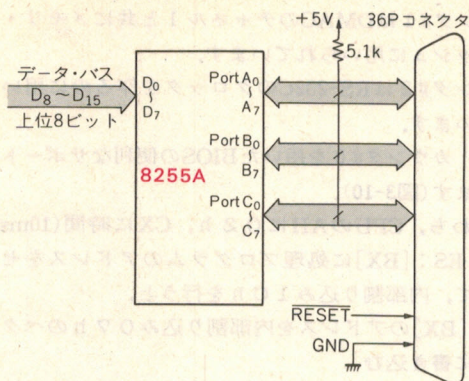
したがって，CPUからＩＮ命令を用いてこれらのアドレスを読んでも，キーボードの情報は何も得られません．実際，今ブームのバンク切り替え方式のキャッシュRAMボードは，I/OのＥＣｈを用いたものが多いようです．

キーボード用の8251Aは受信のみに用いられていますが，TxDもコネクタに出ていますので，キーボードに本体からのデータを受信する能力があれば，キーボードにコマンドなどを送ることもできます．実際にキーボードのコネクタに接続して，本体からのデータを表示できるような装置も市販されているようです．

3-2　5インチ・フロッピ・ディスク・インターフェース

これは，汎用I/Oインターフェースとして最も代表

〈図3-6〉 5インチ・インテリジェント・フロッピ・ディスク・インターフェース

〈図3-7〉 セントロニクス・プリンタ・インターフェース

〈図3-8〉 プリンタに関するBIOSのサポート（内部割り込み1Ah）

AH	動　作	パラメータ	
10h	セントロニクス・プリンタ初期化		AHは破壊
11h	1バイト印字出力	AL＝印字文字	AH＝bit 0　0：未出力 bit 1　1：タイム・アウト
12h	プリンタ・ステータス		AH＝0：出力できない 1：出力可能
30h	文字列出力	ES:[BX]→バッファのポインタ,CX:データ長	AH＝00h 正常終了

的な回路です．試作回路を，一時的にPC9801に接続する場合などに流用することもできます．このインターフェースはPC9801，E，Fには標準装備でしたが，VM，VFからは外されてしまいました．

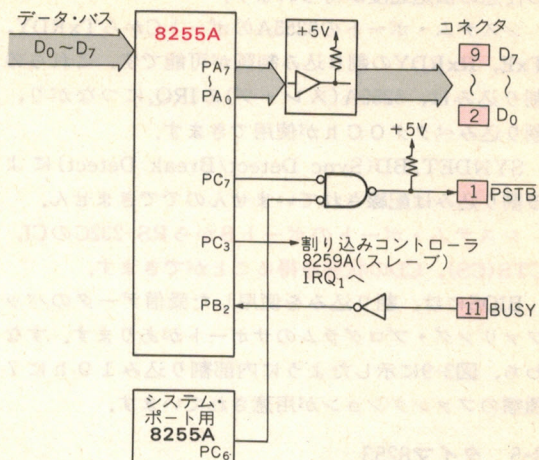
このインターフェースは，8255Aを使用しており，A，B，Cの3個のポートが5kΩでプルアップされてコネクタに直接出ています(図3-6)．8255AのI/Oアドレスは51h，53h，55h，57hです．

通常は，イニシャライズにより，モード0でCポートの下位4ビットとAポートが入力，Cポートの上位4ビットとBポートが出力にイニシャライズされています．

汎用インターフェースとして流用する場合は，出力同士がぶつからないようにイニシャライズし直してから，外部機器を接続する必要があります．

3-3 セントロニクス・プリンタ・インターフェース

セントロニクス準拠の8ビット・パラレル・プリンタ用インターフェースのために，8255Aが標準装備されています(図3-7)．プロッタなど各種の周辺装置用のパラレル・インターフェースとしてセントロニクス・インターフェースは広く用いられています．

PC9801シリーズに実装されているプリンタのコネクタは，標準のものよりもかなり小さく，データ8本とBusy，Strobeの必要最小限の信号線しかつながっていないので，紙切れやセレクトなどプリンタの情報はいっさいわかりません．

システム・ポート用8255AのポートCのビット6にプリンタ・ストローブをマスクするビットがあります．

セントロニクス用8255AのポートCのビット7は，8259A(スレーブ)のIRQ_0に接続されています．一見，8255Aのモード1によってハンドシェイクできそうに思えますが，アクノレッジがつながっていないようです．いったいこの割り込みをどのように使用しているかは不明です．

プリンタ用8255AのポートBには，プリンタの情報以外にシステムの情報が各種見えます．この情報はとても有効ですが，PC9801E，FとVM，VFでは内容がかなり違いますので，機種に依存しないプログラムを作る場合には注意が必要です．

プリンタに関するソフトウェアのサポートを図3-8に示します．

3-4 RS-232Cインターフェース

RS-232Cのインターフェースは，標準的な8251Aを使用した回路です．ボーレートはタイマ8253Aのチャネル2によって作られるクロックと，8251Aの内部の分周比によって決まります．

8253Aのチャネル2はモード3にセットされており，分周比2から65535まで指定可能ですから，8251Aには1228.8kHzから37.5Hzまでのクロックが供給可能

です．これにより，１ボー以下から，19.2kボーまでの任意の伝送速度が得られます．

システム・ポートの8255AのポートCからTxRDY，TxE，RxRDYの割り込み制御が可能です．これらの割り込みは，8259A（スレーブ）のIRQ_4につながり，割り込みベクタ０Ｃｈが使用できます．

SYNDET/BD（Sync Detect/Break Detect）による割り込みは配線されていませんのでできません．

システム・ポートのポートＢからRS-232CのCI，CTS（CS），CDの状態を得ることができます．

BIOSには，割り込みを使用した受信データのバッファリング・プログラムのサポートがあります．すなわち，図3-9に示したように内部割り込み１９ｈに７種類のファンクションが用意されています．

3-5　タイマ8253

前にも述べたように，PC9801にはプログラマブル・インターバル・タイマ8253が使用されています．8253は３個のカウンタを内部にもっています．

カウンタ＃０は出力が8259A（マスタ）のIRQ_0に接続されていますので，内部割り込み０８ｈを発生することができます．

カウンタ＃１はDMACのチャネル１と共にメモリ・リフレッシュに用いられています．

カウンタ＃２はRS-232Cのクロックを作るのに用いられています．

また，カウンタ＃０を用いたBIOSの便利なサポートがあります（図3-10）．

すなわち，CPUのAHに０２ｈ，CXに時間（10ms単位），ES：［BX］に処理プログラムのアドレスをセットして，内部割り込み１Ｃｈを行うと，

①ES：［BX］のアドレスを内部割り込み０７ｈのベクトルに書き込む
②カウンタ＃０を10msにセット
③AXを壊してリターン

という動作をします．

このあと，カウンタ＃０によりCXで指定した回数の割り込み０８ｈが起こるとBIOSは内部割り込み０７ｈを起こし，先に指定した処理プログラムが実行されます．

〈図3-9〉 RS-232Cに関するBIOSのサポート（内部割り込み19h）

AH	動　作	パ　ラ　メ　ー　タ
00h	RS-232Cの初期化 X_{on}, X_{off}を行わない	AL＝ボーレート（下表）
01h	RS-232Cの初期化 X_{on}, X_{off}を行う ▶タイマ8253Aのカウンタ＃２のセット ▶8251Aのモード コマンドのセット ▶受信バッファのセット	CH＝8251Aのモード設定（下表） CL＝8251Aのコマンド・ワード（下表） ES:DI＝受信バッファへのポインタ DX＝バッファ・サイズ BH＝送信タイム・アウト時間 ｝(500ms単位) BL＝受信タイム・アウト時間 ｝(500ms単位) リターン・バリュ：AH＝00h（正常終了）

AL＝ボーレート

0	75ボー	4	1200ボー
1	150ボー	5	2400ボー
2	300ボー	6	4800ボー
3	600ボー	7	9600ボー

CH＝8251Aのモード設定

S_2	S_1	EP	PEN	L_2	L_1	B_2	B_1 (D_0)

CL＝8251Aのコマンド・ワード

EH	IR	RTS	ER	SBRK	RxE	DTR	TxE (D_0)

ES：［DI］→	INT	
＋02ｈ	内部フラグ	8251Aコマンド
＋04ｈ	タイム・アウト時間	
＋06ｈ	X_{off}発生データ長	
＋08ｈ	X_{on}発生データ長	
＋0Aｈ	バッファの先頭アドレス	
＋0Cｈ	バッファの終わり＋1	
＋0Eｈ	バッファの有効長	
＋10ｈ	バッファの空エリアの先頭	
＋12ｈ	バッファの有効データの先頭	
＋14ｈ	受信データ	ステータス
	⋮	⋮
	受信データ	ステータス

AH	動　作	パラメータ	リターン・バリュ
02h	バッファ内のデータ長を得る		AH：リターン・コード CX：受信データ長（ワード数）受信バッファの0Ehの中味
03h	1バイト出力	AL＝受信データ	AH：リターン・コード
04h	バッファから1文字得る		AH：リターン・コード CH：受信データ CL：受信ステータス DSR / SYN DET / FE / OE / PE / TxE / $\overline{CS}$ / $\overline{CD}$
05h	8251Aへコマンド出力	AL＝8251Aのコマンド・コード	AH：リターン・コード
06h	8251Aのステータスを見る		AH：リターン・コード＝00h 正常終了 01h 未初期化 02h バッファ・オーバフロー 03h 送受信できなかった CH＝8251Aステータス DSR / SYN DET / FE / OE / PE / TxE / RxRDY / TxRDY (D_0) CL＝システム・ポート・ステータス $\overline{CI}$ / $\overline{CS}$ / $\overline{CD}$

〈図3-10〉タイマ，カレンダに関するBIOSのサポート(内部割り込み1Ch)

AH	動　作	パラメータ	リターン・バリュ
00h	日付け，時刻の読み出し	6バイトのバッファへのポインタ	AXは破壊
01h	日付け，時刻の設定	ES:[BX]⟶ 年(BCD) +1 月 / 曜日 +2 日(BCD) +3 時(BCD) +4 分(BCD) +5 秒(BCD)	
02h	BIOS内部のインターバル・タイマの起動	CX＝インターバルの時間(10ms単位) ES:[BX]＝タイム・アウト時の割り込み処理エントリ	AXは破壊

〈リスト3-1〉インターバル・タイマの起動プログラム例(10分間は処理を続けるが，その後にコールドBOOTする)

```
mov ax,0FD80h
mov es,ax
mov bx,0
mov cx,0EA60h
mov ax,2
int 1Ch

:
```

そのプログラム例をリスト3-1に示します．

3-6　カレンダ

PC9801シリーズはカレンダ時計μPD1990Aをもち，バッテリによってバックアップがされています．μPD1990Aを直接アクセスするのは面倒ですが，幸いBIOSのサポートがあります．

AH＝００ｈ，ES：[BX]＝６バイトのバッファへのポインタをセットして内部割り込み１Ｃｈを行うと，図3-10に示した年，月，曜日，日，分，秒の情報が得られます．このときAXは壊されます．

逆に，AH＝０１ｈ，ES：[BX]＝６バイトのバッファへのポインタをセットして，内部割り込み１Ｃｈを行うとμPD1990Aがセットされます．このときもAXは壊されます．

3-7　システム・ポート

システム・ポートには8255Aが使用されており，ディップ・スイッチの状態を読み込んだり，他のインターフェースのサポートをしています．

ポートAは入力で，ディップ・スイッチSW_2につながっています．

ポートBは入力で，各種情報を読み込みます．

ポートCは出力で，RS-232Cの割り込み，ブザー，プリンタ・ストローブの制御を行っています．I/Oポートの一覧表などを参考にしてください．

また，次のようなブザーについてのBIOコマンドがあります．

▶AH＝１７ｈにセットして内部割り込み１８ｈを行うとブザーを鳴らす．

▶AH＝１８ｈにセットして内部割り込み１８ｈを行うとブザーを止める．

3-8　CRTディスプレイ

PC9801シリーズには，とてもパワフルなグラフィック機能があります．640×400ドットの画面を白黒で6枚，カラーで２枚，640×200ドットであればその倍の枚数をもっています．VM，VFからは，画面の合成やアナログRGBによるパレット操作なども可能になりました．

μPD7220は，マスタとスレーブの２個が用いられています．マスタはテキスト画面，カーソルなどの出力，同期信号の発生などを行っています．スレーブはマスタに同期して，グラフィック専用に用いられます．そのほかに，μPD52611 CRT M/S(マスタ・スライス)をもっており，スムース・スクロールも可能です．

BIOSのサポートは，テキスト画面については便利なサポートがありますが，グラフィックスについては複雑な操作が必要です．内部割り込み１８ｈのAH＝０Ａｈから１５ｈまでがテキスト画面に関するもの(図3-11)，AH＝４０ｈから４Ａｈまでがグラフィック画面に関するものです(図3-12)．特に，AH＝４５ｈから４９ｈまでは，グラフィック操作についてUCWと呼ばれる作業領域を使用します．

BASICのROMの上には，LIOと呼ばれるもっと高レベルのグラフィック用のファンクションが用意されており，幸いなことにBASIC以外のアプリケーションからもその機能を使用することができます．ただし，BASIC以外では割り込みベクタがセットされておらず，作業領域もないため，機種に依存しないプログラムを書くためにも使用する前にいくつかの準備が必要です．それを簡単に説明します．

①　割り込みベクタの内容をセットしなければならない．

Ｆ９９００ｈ番地にあるエントリ・テーブルからエントリ・ポイントを読んで割り込みベクタにセットしなければなりません．エントリ・テーブルの形式は図3-13のようになっており，割り込み番号とエントリ・ポイントのオフセットの組です．各エントリのセグメントはＦ９９０ｈです．

割り込みベクタをセットするプログラムの例をリスト3-2に示します．

②　ワーク・エリアを用意しなければならない．

データ・セグメントのオフセット０ｈから１２００

〈図3-11〉テキスト画面に対するBIOSのサポート(内部割り込み18h)

AH	動作	パラメータ
0Ah	CRTモードの設定	AL⇐モード情報 0000 | D₃ KCG 0:コード・アクセス 1:ドット・アクセス | D₂ アトリビュート 0:バーチャル・ライン 1:簡易グラフ | D₁ 桁数 0:80字 1:40字 | D₀ 行数 0:25行 1:20行
0Bh	CRTモードのセンス	AL⇒モード情報 0:標準 1:高解像 | 0 | 0 | 0 | 同上 | 同上 | 同上 | 同上
0Ch	テキスト画面表示開始	
0Dh	テキスト画面表示停止	
0Eh	テキスト画面の一つのVRAMアドレス指定	DX＝表示開始アドレス (ただし16進5桁目はAに固定)
0Fh	複数の表示領域を指定	←4バイト→ BX:[CX]→ VRAMのアドレス | 表示行数 +4 VRAMのアドレス | 表示行数 +8 ⋮ | ⋮ +(4×N−4) VRAMのアドレス | 表示行数 DL＝エントリの数 (N) (1〜4) DH＝表示をはじめるエントリの番号[(0〜(N−1)]
10h	カーソルのタイプ	AL＝00:ブリンクする　01:ブリンクしない
11h	カーソルの表示	
12h	カーソルの停止	
13h	カーソルの位置	DX＝VRAMアドレス
14h	フォント・パターン読み出し	BX:[CX]＝パターンを展開するバッファ・アドレス (2バイト+8,16,32バイト) DX＝展開するコード (ANKの場合はDH＝00h)
(15h)	ライト・ペン位置	AH:0なら押されている.　1なら押されていない DX:ペン位置のテキストVRAMアドレス
16h	テキストVRAM初期化	DH＝初期化アトリビュート DL＝初期化キャラクタ
19h	ライト・ペン初期化	AH破壊
1Ah	ユーザ文字定義	BX:[CX]＝フォント・パターン・バッファへのポインタ DX＝登録コード
1Bh	KCGアクセス・モード	AL＝0:コード・アクセス　1:ドット・アクセス

〈図3-12〉
グラフィックに関するBIOSのサポート
(内部割り込み18h)

AH	動作	パラメータ
40h	グラフィック表示開始	
41h	表示停止	
42h		CH＝ D₇ [ ] [ ] [CRT] [バンク] [0 0 0] D₀ バンク→表示バンク指定(0 or 1) CRT→0:カラー　1:白黒 UPPER / LOWER } VRAM領域指定 VRAM: 0 LOWER 16000 UPPER 32000 (10進)
43h	パレット・レジスタのセット	DS:[BX]＝UCWへのポインタ
44h	ボーダ・カラーのセット	
45h	ドットの書き込み	CH＝ D₇ 解像度 | D₆ 範囲 | D₅ D₄ 画面ナンバ | 0000 解像度 0:標準 1:高解像 範囲 0:LOWER ALL 1:UPPER 画面ナンバ: D₅=0 D₄=0 P1 (P4) / 0 1 P2 (P5) / 1 0 P3 (P6) / 1 1 P1〜P3(P4〜P6)
46h	ドットの読み込み	
47h	直線・方形の書き込み	
48h	円弧の書き込み	DS:[BX]＝UCWへのポインタ
49h	グラフィック文字の書き込み	
4Ah	描画タイミング・モード	CH＝06H フラッシュ描画(高速書き込みモード) 16H フラッシュレス描画

(注) UCWについては膨大な知識が必要

〈図3-13〉エントリ・テーブルの形式

アドレス	+0	+1	+2	+3
F9900h	エントリの個数N			
F9904h	内部割り込み番号1	0	エントリのオフセット・アドレス1	
F9908h	内部割り込み番号2	0	オフセット・アドレス2	
	⋮		⋮	
	内部割り込み番号N	0	オフセット・アドレスN	

〈リスト3-2〉エントリ・ベクタのセット・プログラム

```
/* エントリーベクトルのセットプログラム */

#define  SEG_VECT  ((unsigned) 0)
#define  SEG_GLIO  ((unsigned) 0xF990) /*セグメントアドレス*/

set_vector()
{
    unsigned  i , j ;
    unsigned  intno ;

    for( i=4 , j= 0xFF & peek(0,SEG_GLIO) ; j-- ; i+=4 ) {
        intno = 0xFF & peek(i,SEG_GLIO ) ;
        pokew( intno*4+2 , SEG_VECT , SEG_GLIO ) ;
        pokew( intno*4   , SEG_VECT , peek(i+2,SEG_GLIO) ) ;
    }
}
```

hバイト(GCOPY-内部割り込みCEhを使う場合は1400hバイト)のワーク・エリアを用意しなければなりません.

③ 128バイト以上のスタック・エリアを用意しなければならない.

④ 内部割り込みC5hのベクタをセットしなければならない.

時間のかかる処理を途中で外部から中断できるように,処理をしている間は一定時間おきに内部割り込みC5hが発生します.このため,少なくともC5hのベクタはIRETへのポインタでなければなりません.できれば,STOPキーのチェックなどもしてください.

以上の準備を行って初期化を行い,はじめて使用可能になります.

4 PC9801VXについて

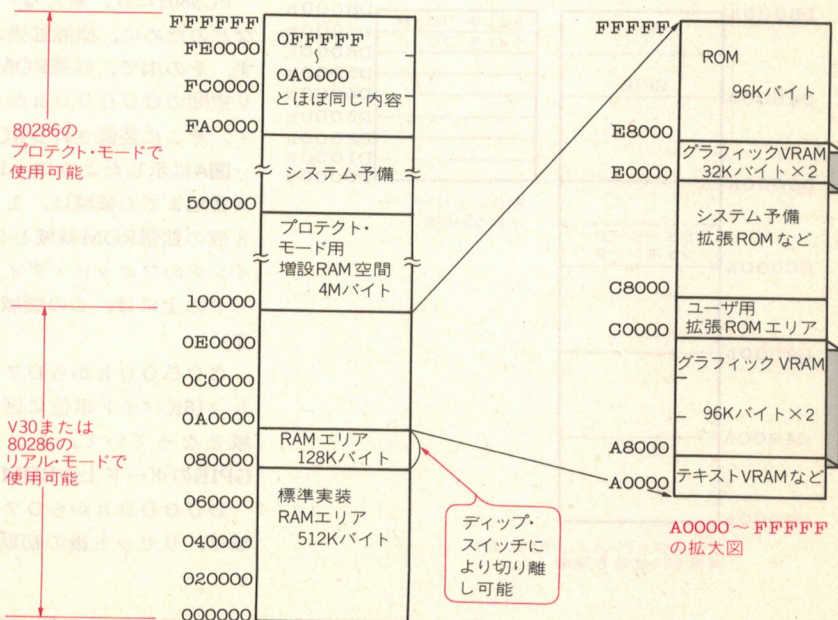
1986年10月にPC9801シリーズの新製品が発表されました.V30に加えて,80286が実装されたPC9801VXシリーズとXLシリーズが登場したことが最大の話題です.

これは,1台のパーソナル・コンピュータの中に2種類のシステムが存在するようなもので,これらのシリーズも過渡期の製品であることは間違いないところです.

同時にPC9801LTというラップトップ型の携帯が可能な製品も発表されました.将来は,このような小型システムとある程度規模の大きなシステムとが明確に区別されるはずです.

ここでは,VXシリーズについて従来機種との違いを中心に説明します.

このシリーズは,従来のVMシリーズに合わせて,1Mバイト・フロッピ・ディスク・インターフェースのみのVX0,5インチ1Mバイト・フロッピ・ディスク装置2台を内蔵したVX2,5インチ1Mバイト・フロッピ・ディスク装置2台と3.5インチ20Mバイト・ハード・ディスク装置を内蔵したVM4の3種類があります.

〈図4-1〉PC9801VXのメモリ空間

その特徴を簡単に述べると，

①V30(クロックは8MHz/10MHzが切り替え可能)と80286(クロック8MHz)の2種類のCPUを実装．

②内部RAMは，640Kバイトを標準で実装しており，従来からの市販のRAMディスクが利用可能なように８００００ｈ番地からの128Kバイトは切り離しが可能．

③グラフィック用V-RAMは，128Kバイトが2画面あり，16色表示が可能．

④グラフィック表示能力が強化されている．

⑤漢字ROMは，JIS第2水準まで標準装備．

⑥80286のプロテクト・モードでは4MバイトまでRAMボードを増設可能．

80286は，リアル・モードとプロテクト・モードの二つのモードをもっています．リセット直後はリアル・モードで動作していますが，リアル・モードでは8086や80186と上位互換性があり，メモリ空間も8086と同様に1Mバイトを使用します．

リアル・モードで動作中に，CPUのMSW(マシン・ステータス・ワード)のPE(プロテクション・イネーブル・ビット)をセットすると，80286はプロテクト・モードに入ります．このモードでは，1Gバイトの仮想メモリがサポートされ，メモリ空間の保護機構などもサポートされます(図4-1)．

4-1　V30と80286の互換性について

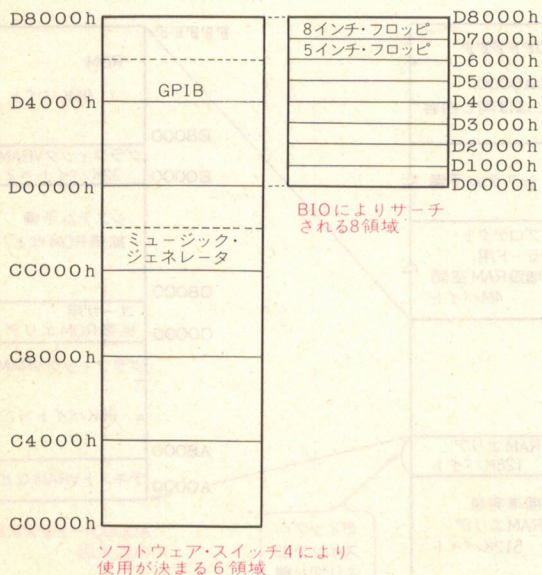
VXシリーズでは，本体前面のディップ・スイッチにより，CPUをV30か80286かを切り替えることができます．V30動作時にはVMなどと同様に，スイッチによってクロック周波数を8MHzか10MHzに切り替えることが可能ですが，80286動作時にはスイッチの位置に関係なくクロックは8MHzの動作になります．

V30動作時には，VMなどと完全な互換性がありますが，80286のリアル・モード動作時には次のような互換性に対する問題があります．

①80286は動作が高速であり，VXがハードウェア的にメモリのウェイト・サイクルが短いため，I/O周辺LSIに対するアクセスの間隔が短くなって，LSIによっては誤動作をする場合などがあります．

特に，8251Aのアクセスなどがよく問題になります．ソフトウェアによる遅延が影響するような箇所には，十分なタイミングの余裕が必要になります．

ROMによるオート・スタート

PC9801を制御用に使用する場合などには，電源投入と同時に，フロッピ・ディスクやハード・ディスクなどは使用しないで，自動的にプログラムを動かしたい場合が出てきます．ここでは拡張ボード上にユーザが用意したROMからPC9801を起動させる方法を紹介します．

〈図A〉拡張ROM領域のメモリ・マップ

PC9801のリセット直後には，DMA，割り込み，CRT，キーボードなど多くの周辺装置の初期化をしなければなりません．ユーザとしては初期化がすんだ後に制御を受け取ったほうが便利です．

PC9801には，新たなハードウェアを追加した場合などのために，機能拡張の各種の工夫がなされています．その中で，拡張ROM領域とよばれる領域がメモリ空間のＣ００００ｈからＤ７ＦＦＦｈ番地にあります．そこに装備されるROMには2種類があります．

図Aに示したように，Ｄ００００ｈからＤ７ＦＦＦｈ番地までの領域は，１０００ｈ＝4Kバイト単位の8個の拡張ROM領域となっています．8インチや5インチのフロッピ・ディスク・インターフェース・ボードの上には，この領域に見えるROMがのっています．

Ｃ００００ｈからＤ７ＦＦＦｈ番地までは４０００ｈ＝16Kバイト単位に区切られた6個の拡張ROM領域となっていて，ミュージック・ジェネレータやGPIBのボード上のROMは，この領域のものです．

Ｄ００００ｈからＤ７ＦＦＦｈ番地までの8個の領域は，リセット後の初期化の途中でROMがあるかど

②80286は，ＰＵＳＨ　ＳＰ命令ではV30や8086と異なる値をスタックへプッシュします．ＰＵＳＨ ＳＰでプッシュした値を参照するようなプログラムは互換性がありません．

③ローテート命令(ＲＣＬ，ＲＣＲ，ＲＯＬ，ＲＯＲ)，シフト命令(ＳＨＬ，ＳＨＲ)では，CLレジスタの内容によりシフト数を与えます．このとき，8086では8ビット全部が有効なのですが，80286では下位5ビットのみが有効です．そのため，31以上の値を与えた場合のシフトやローテートの動作には互換性はありません．

④ステータス・レジスタに追加されたビットがありますから注意が必要です．

以上が重要なものですが，その他にV30固有の命令の使用や，プリフィックス命令の異常な使用などが非互換の要因となります．

4-2　拡張スロットとアドレス・バス

V30や80286のリアル・モードでは，CPUのアクセスするメモリ空間は1Mバイトですので，拡張バスのアドレスはAB_{001}からAB_{191}の20本が使用されます．ところが，80286のプロテクト・モードでは16Mバイトのメモリ空間が有効となり，24本のアドレスが使用されます．

拡張スロットに装着されるボードには，VMなどに使用されていた20本のアドレスのみをデコードして，AB_{201}からAB_{231}の上位4ビットを無視しているボードと，24本すべてをデコードしているXLやVX対応のボードとがあります．当然，80286のプロテクト・モードによる16Mバイトのメモリ空間を有効に利用したい場合には，上位4ビットのデコードが必要になります．しかも，デコードされていないボードとの混用を可能にしなくてはなりません．VXの拡張バスには，マイクロ・スイッチとジャンパ・ピンが各スロットに装備されており，上位4ビットのアドレス・デコードの問題を解決しています．

スロットには二つのモードがあります．一つは24ビット・フルデコードしている基板用のモードでAB_{001}からAB_{231}がそのまま出力されます．もう一つは，20ビット・デコードしている基板用のモードです．24ビット・デコードしている基板には小さなバーが付いており，スロットに装着するとマイクロ・スイッチをバ

うかサーチされます．ですから，ＤＯＯＯＯｈからＤ７ＦＦＦｈ番地の中のあいているところにユーザがROMを用意しておけば，本体のROMのBIOSから制御をとることができます．

セグメントがＤＯＯＯｈからＤ７ＯＯｈまで１ＯＯｈごとに，オフセットのＯ９ｈ番地が５５ｈでＯＡｈ番地がＡＡｈであるかを見て，そうであればオフセットのＯ６ｈ番地へＦＡＲ ＣＡＬＬしてきます．したがって，そこからユーザのプログラムを書いておけば，自動スタートが可能になります．ROMの先頭からＯ６ｈのところにジャンプ命令を書いて，Ｏ９ｈに５５ｈ，ＯＡｈにＡＡｈと書いて，そのROMをＤＯＯＯＯｈ，Ｄ１ＯＯＯｈ，Ｄ２ＯＯＯｈ，……Ｄ７ＯＯＯｈの中のあいているところへ配置しておけばよいわけです．

ＣＯＯＯＯｈ番地から16Kバイトごとの6個の拡張ROM領域のほうは，図Bに示すメモリ・スイッチの4番により拡張ROMが存在するかどうかが決まり，その情報によってアドレスの先頭に，BASICの初期化のときに制御が渡ってきます．

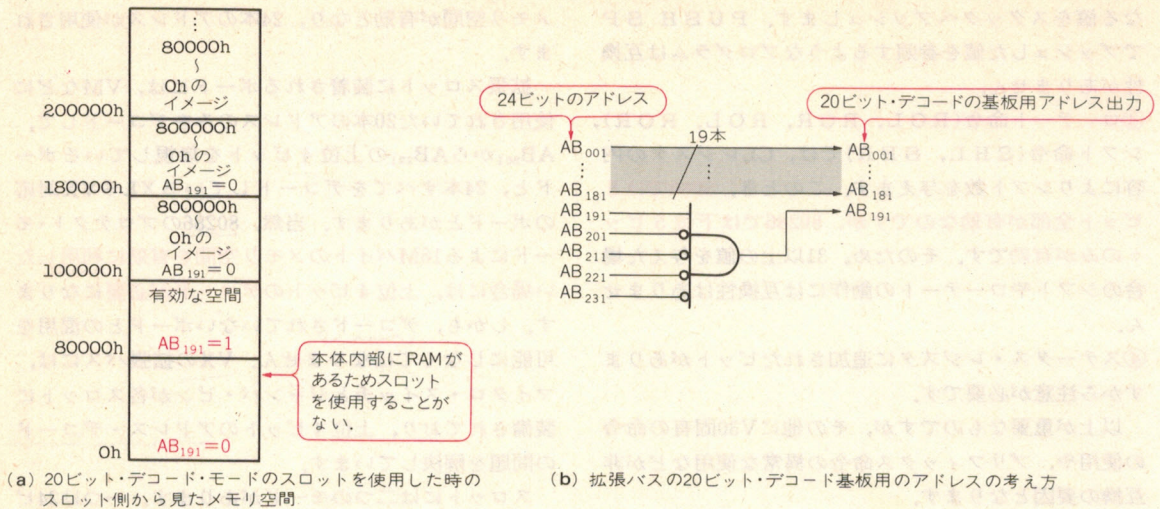
この領域のROMは，通常はBASICの命令や関数を拡張するために用いられていますが，BASICの初期化のときに制御が渡ることを利用して，ユーザのROM上のプログラムを起動させることができます．

〈図B〉ソフトウェア・スイッチと拡張ROMの関係

論理スイッチ名	メモリ番地	データ(ビット位置) 7	6	5	4	3	2	1	0	機能		
SW_4	A3FEE								0	0でなければならない		
								0		0でなければならない		
							0			拡張ROM接続 C8000〜C9FFF	なし	システム予約
							1				あり	
						0				拡張ROM接続 CC000〜CDFFF	ミュージック・ジェネレータ・ボードなし	
						1					ミュージック・ジェネレータ・ボードあり	
					0					拡張ROM接続 D0000〜D3FFF	なし	システム予約
					1						あり	
				0						拡張ROM接続 D4000〜D5FFF	GPIBインターフェース・ボードなし	
				1							GPIBインターフェース・ボードあり	
			0							拡張ROM接続 CA000〜CBFFF	なし	システム予約
	システム既定値 00h		1								あり	
		0								拡張ROM接続 CE000〜CFFFF	なし	
		1									あり	

〈図4-2〉 アドレスの拡張

（a） 20ビット・デコード・モードのスロットを使用した時のスロット側から見たメモリ空間

（b） 拡張バスの20ビット・デコード基板用のアドレスの考え方

〈図4-3〉 拡張バスのスロットにより大きく異なる9本の信号線

端子番号	スロット＃1の信号名	スロット＃2, ＃3, ＃4の信号名と概要
A_{37}	S_{00}	$INTA_0$ ……I 8259Aと外部CPUのための信号
A_{38}	S_{10}	$NOWAIT_0$…I メモリをノー・ウェイトで動かす要求信号
A_{39}	S_{20}	$SALE_1$ ……O AB_{171}～AB_{231}のラッチ要求
A_{40}	$LOCK_0$	$MACS_0$ ……I メモリ・ボードがアクセスされていることを示す信号. I/O拡張ユニット用
B_{40}	$CPUKILL_0$	$EXHRQ_{10}$…I 外部CPU, DMAからのバス要求信号
B_{42}	$RQGT_0$	$EXHLA_{10}$…O バス要求に対するアクノレッジ
B_{46}	$HLDA_{00}$	$EXHLA_{20}$…O $EXHLA_{10}$に準ず
B_{47}	HRQ_{00}	$EXHRQ_{20}$…I $EXHRQ_{10}$に準ず
B_{48}	$DMAHLD_0$	$SBUSRQ_1$…O 内部DMAからのバス要求信号

ーが押すような構造になっています．また，ジャンパによりスロットを24ビットのモードか20ビットのモードかに固定することもできます．これで，バーの付いていない24ビット・デコードされた拡張基板（PC9801XA用）なども使用することができます．

20ビット・デコードの基板用のモードのしくみは多少複雑です．まず，VXには０００００００hから７ＦＦＦＦＦhまでの512KバイトにはRAMが本体に実装されていますから，このアドレスをデコードする拡張基板はスロットにささることはありません．つまりAB_{191}が“0”のときにアクティブとなる基板はありません．これを利用して，AB_{201}からAB_{231}の4ビットがすべて0で，しかもAB_{191}が“1”のときのみ，そのスロットのAB_{191}を“1”とします（図4-2）．

つまり，プロテクト・モードでも０８００００hから０ＦＦＦＦＦhの512Kバイトがアクセスされたときのみ，そのスロットは正しいアドレスが見え，その他の場合はAB_{191}は“0”となって拡張基板のアクセスを禁止します．このため上位4ビットをデコードしなくても拡張ボード上でデコードしAB_{191}をうまく使っているということです．

VXでは上記のアドレス信号の他に，スロットの9本の信号が今までのPC9801シリーズと異なっています．スロット＃1はV30動作時のみ従来のPC9801シリーズと同じ信号が出ていて互換性を保っていますが，スロット＃2，＃3，＃4は主に外部CPUとの接続を考えた変更が加えられています（図4-3）．本体内部の割り込みコントローラと外部のCPU間のため，外部CPUのバス要求，内部のDMAがリフレッシュを行うためのバス要求などの信号です．

4-3 80286のプロテクト・モード

80286のプロテクト・モードでは，リアル・モードよりも8086のオブジェクトをそのまま実行できる可能性

〈図4-4〉 VXのI/O空間とCPUの関係

I/Oアドレス	R/W	内　　容
F0h	W	80286 CPUのリセット
F2h	W	アドレス上位4ビットのマスク解除
F8h ～ FFh		80287が使用

〈図4-5〉
VXのバンク・レジスタのI/Oアドレス

I/Oアドレス		W/R	bit7	6	5	4	3	2	1	0
	DMAコントローラのバンク・レジスタ									
21h	チャネル1	W	A_{23}	A_{22}	A_{21}	A_{20}	A_{19}	A_{18}	A_{17}	A_{16}
23h	2									
25h	3									
27h	0									
29h	バンク・レジスタ・モード	W					モード		チャネル番号	

モード		
0	0	64KB境界
0	1	1MB境界
1	0	16MB境界

は少なくなります．

プロテクト・モードでは，1Gバイトの仮想メモリ空間と16Mバイトの実メモリ空間をVX上で使用できます．アドレス24ビット・フルデコードのRAMボードも市販されていますが，有効に利用できるのはVX用のBASICのみで，プロテクト・モードをサポートしたソフトウェアは現在のところあまりありません．さしあたり，プロテクト・モードの空間にあるRAMをMS-DOSのRAMディスクとして使用する程度です．

リアル・モードからプロテクト・モードへは簡単に移行できますが，プロテクト・モードからリアル・モードへ戻ることは，CPUをリセットする以外に方法がありません．そのため，I/O空間のＦＯｈへOUTすることにより，80286をリセットすることができます．このリセットは，CPUのみでVX本体をリセットするものではありませんから，リセット後のベクタをプロテクト・モード時に用意しておくことで，リアル・モードへの移行ができます．

その他に，プロテクト・モード用のアドレス上位4ビット・マスク解除や，80287(数値演算プロセッサ)用にI/O空間のＦＯｈからＦＦｈが使用されました(図4-4)．このI/O空間は予約されていたとはいえ，狭いPC9801シリーズのI/O空間の中の貴重な連続した16バイトだっただけに，アドレスのぶつかる基板も多いようです．

プロテクト・モードでは，16Mバイトのメモリ空間を扱うため，DMAコントローラも24ビット・アドレスへの対応がなされています．VMなどではDMACは16ビットのアドレスのみを発生し，バンク・レジスタが4ビットあり，合計20ビットで1Mバイトをアクセスしていました．DMAコントローラとバンク・レジスタは独立で，16ビットの64K境界をまたいでしまうような転送はできず，そのような場合は2度に分けた転送が必要でした．

VXではバンク・レジスタが8ビットとなり，24ビットのアドレスを発生させ，カウントの機能もバンク・レジスタに付いたので，64K境界をまたいでしまう転送も可能になりました．したがって，互換性のため，バンク・レジスタは64Kバイト境界をもつモード，1Mバイト境界のモード，16Mバイト境界のモードと三つのモードをI/Oの２９ｈ番地により選択することができます(図4-5)．

第二章

岸本英一

PC9801シリーズの拡張スロットの詳細

本章では，PC9801シリーズの拡張スロットの規格および拡張ボードの作り方について解説します．よく使用される信号線はだいたい決まっていますが，市販のボードを利用する時でもその中身を知っていると役に立ちます．

最近の16ビット・パソコンは，パソコンとはいいがたいほどの処理能力をもっており，研究室や実際の現場での計測制御システムなどを構成するのに十分な力を発揮します．PC9801シリーズは，最近ではどこの研究室にも1台はころがっているというのが現状のようです．

そういった中で，自分の目的に沿った拡張基板を製作し，仕事に役立てたいという要求はおのずと発生してくることでしょう．しかし，実際問題はスロット・バスの信号線の意味がよくわからないのでどうしたらよいかわからず，指をくわえるばかりといったユーザも少なくないに違いありません．

本章では，PC9801シリーズの拡張スロットに収納する拡張基板を設計する場合に必要な拡張バス・コネクタの定義について解説します．

PC9801シリーズの背面には表1-1に示すように機種による違いはありますが，最低2スロットから最大6スロットの拡張スロットが設けられています．スロットに収納する拡張基板の形状および寸法は，すべての機種において共通です．しかし，スロット・バスの信号線についてはクロック周波数の違いや，CPUの違いなどによって多少異なる部分があります．

また，PC9801以外ではスロット番号の一番大きなスロットと他のスロットでは，一部定義が異なっています．しかしながら，これらの違いは例外的なものと考えられるため，実際の拡張基板ではすべての機種，スロットで動作するものがほとんどです．また，ユーザが新たに拡張基板を設計する場合も，すべての条件で動作するように設計すべきでしょう．

〈表1-1〉機種とスロット・バスのタイプ

機　種	スロットの個数	CPU	クロック（MHz）
PC9801	5	8086	5
PC9801E	6	8086	5/8
PC9801F	4	8086	5/8
PC9801M	4	8086	5/8
PC9801U	2	V30	8
PC9801VF	4	V30	8
PC9801VM	4	V30	8/10

本体内に収納可能な拡張基板数は，最大のPC9801Eでも6枚までですが，I/O拡張ユニットPC9811Kを利用することによって，さらに5スロットの増設が可能です．

1 拡張基板の外形と信号線の意味

1-1　拡張基板の形状および寸法

図1-1に拡張基板の形状および寸法を示します．

図の左側がコンピュータ本体に挿入される側で，基板の左端には本体内のバス・コネクタに接続するためのカード・エッジ・パターンがプリントされています．カード・エッジ・パターンには金メッキを施すのが普通ですが，このときにパターンを必要な信号線だけにすると使用する金の量が少なくてすみ，基板のコスト・ダウンになるかもしれません．

基板の右端の両側には基板をスロットから容易に引き抜くために，カード・プラが取り付けられます．基板をスロットに挿入するのは比較的容易なのですが，引き抜くのはカード・プラなしでは大変な労力を要します．

外部との信号のやり取りが必要な場合には，基板の左端にコネクタが取り付けられます．しかし，これによって従来のスロットのフタは取り付けられなくなります．純正の拡張基板では，専用のフタが基板と一体になって付属していますが，そのかわりカード・プラが付いていないのが普通です．着脱の容易さを考慮すると，フタよりもカード・プラを優先したほうがよいかもしれません．

拡張基板の高さに対する規定は特にありませんが，スロットの高さ方向のピッチが25mmですから，実際問題として基板上面から約20mmが限界です．余裕をもって18mm程度に抑えるのが無難でしょう．この数値は通常の実装方法では特に問題ありませんが，基板を2階構造にしてコネクタなどで接続して使用する場合には注意が必要です．2階構造にした場合，2枚の

〈図1-1〉 拡張基板の形と寸法

基板の間隔は10mm程度になり，実際に実装可能な部品の高さは1階2階ともに7～8mm程度でしょう．この場合，ICソケットを利用したり背の高い部品(コンデンサなど)を実装しようとすると，思わぬ誤算を招く結果になりかねません．

1-2 バス・コネクタの形状と信号線

バス・コネクタは，図1-1でもわかるように，基板の裏表を利用したカード・エッジ・コネクタです．両面ともに2.54mmピッチの50ピンで，合計で100ピンになります．図1-1を基板の表側，すなわち部品を実装する面から見た図と考えると，図の下側のピンから上に向かって順に1から50までの端子番号が付けられています．また，裏側はA，表側はBとして裏表を区別します．

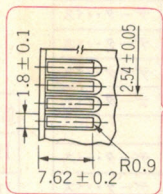



表1-2にバス・コネクタの信号線の一覧を示します．注に示したように一部の信号線の定義が機種やクロック周波数およびスロット番号によって異なっています．

1-3 各信号線の意味

次に各信号線の意味を解説します．ここで，信号名の最後の数字はアクティブとなる論理を示すもので，“0”の場合はアクティブ“L”(負論理)，“1”の場合はアクティブ“H”(正論理)を意味します．また，特に断りがない限りアクティブになった場合の意味を表すものとし，ユーザが拡張基板を設計する場合に使用する可能性が高いものに対しては比較的詳しく行い，それ以外のものに対しては簡単な説明にとどめています．

▶AB_{001}～AB_{191}：アドレス・バス

通常は出力モードで，CPUのAD_0～AD_{15}およびS_3～S_6からセパレートされた20ビットのアドレスが出力されます．本体上のCPUがディセーブルされたり，外部のDMACがセレクトされると入力モードになります．コネクタには，AB_{201}～AB_{231}のさらに4ビットのアドレス・ラインが定義されています．これらは新しいPC9801VX/XLシリーズでは使用されていますが，従来のPC9801シリーズでは未使用です(詳細は第1章を参照)．

▶BHE_0：バス・ハイ・イネーブル

データ・バスの上位バイト(奇数アドレス)に対するアクセスを行うことを示します．下位バイト(偶数アドレス)に対してはAB_{001}が同様な働きをします．すなわち，AB_{001}とBHE_0の組み合わせによって，表1-3のような3種類のアクセス・パターンが存在します．

ここでのワード・アクセスとは，偶数アドレスから始まる2バイトのアクセスのことです．奇数アドレスから始まるワード・アクセスの場合は，CPUが2回のバイト・アクセスに置き換えます．

▶DB_{001}～DB_{151}：データ・バス

16ビットの双方向データ・バスです．DB_{001}～DB_{071}は，下位バイトすなわち偶数アドレスのデータのやり取りに用いられ，DB_{081}～DB_{151}は上位バイトすなわち奇数アドレスのデータのやり取りに用いられます．

▶IOR_0：I/Oリード

I/Oデバイスからの読み込みを示すストローブ信号です．CPUがIN命令を実行したときにアクティブになります．

▶IOW_0：I/Oライト

I/Oデバイスへの書き込みを示すストローブ信号です．CPUがOUT命令を実行したときにアクティブになります．

▶MRC_0：メモリ・リード

メモリからの読み込みを示すストローブ信号です．

〈表1-2〉スロット・バス端子一覧

端子番号	信号名	方向	機能	端子番号	信号名	方向	機能
A_1	GND			B_1	GND		
A_2	V_1			B_2	V_1		
A_3	V_2			B_3	V_2		
A_4	AB_{001}	I/O	アドレス・バス	B_4	DB_{001}	I/O	データ・バス
A_5	AB_{011}	I/O	アドレス・バス	B_5	DB_{011}	I/O	データ・バス
A_6	AB_{021}	I/O	アドレス・バス	B_6	DB_{021}	I/O	データ・バス
A_7	AB_{031}	I/O	アドレス・バス	B_7	DB_{031}	I/O	データ・バス
A_8	AB_{041}	I/O	アドレス・バス	B_8	DB_{041}	I/O	データ・バス
A_9	AB_{051}	I/O	アドレス・バス	B_9	DB_{051}	I/O	データ・バス
A_{10}	AB_{061}	I/O	アドレス・バス	B_{10}	DB_{061}	I/O	データ・バス
A_{11}	GND			B_{11}	GND		
A_{12}	AB_{071}	I/O	アドレス・バス	B_{12}	DB_{071}	I/O	データ・バス
A_{13}	AB_{081}	I/O	アドレス・バス	B_{13}	DB_{081}	I/O	データ・バス
A_{14}	AB_{091}	I/O	アドレス・バス	B_{14}	DB_{091}	I/O	データ・バス
A_{15}	AB_{101}	I/O	アドレス・バス	B_{15}	DB_{101}	I/O	データ・バス
A_{16}	AB_{111}	I/O	アドレス・バス	B_{16}	DB_{111}	I/O	データ・バス
A_{17}	AB_{121}	I/O	アドレス・バス	B_{17}	DB_{121}	I/O	データ・バス
A_{18}	AB_{131}	I/O	アドレス・バス	B_{18}	DB_{131}	I/O	データ・バス
A_{19}	AB_{141}	I/O	アドレス・バス	B_{19}	DB_{141}	I/O	データ・バス
A_{20}	AB_{151}	I/O	アドレス・バス	B_{20}	DB_{151}	I/O	データ・バス
A_{21}	GND			B_{21}	GND		
A_{22}	AB_{161}	I/O	アドレス・バス	B_{22}	+12V		
A_{23}	AB_{171}	I/O	アドレス・バス	B_{23}	+12V		
A_{24}	AB_{181}	I/O	アドレス・バス	B_{24}	IR_{31}	I	INT_0
A_{25}	AB_{191}	I/O	アドレス・バス	B_{25}	IR_{51}	I	INT_1
A_{26}	AB_{201}	I/O	アドレス・バス	B_{26}	IR_{61}	I	INT_2
A_{27}	AB_{211}	I/O	アドレス・バス	B_{27}	IR_{91}	I	INT_3(5"HD)
A_{28}	AB_{221}	I/O	アドレス・バス	B_{28}	IR_{101}/IR_{111}	I	INT_{41}/INT_{42}(*1)
A_{29}	AB_{231}	I/O	アドレス・バス	B_{29}	IR_{121}	I	INT_5
A_{30}	INT_0	O		B_{30}	IR_{131}	I	INT_6
A_{31}	GND			B_{31}	GND		
A_{32}	$IOCHK_0$	I	外部NMI(*3)	B_{32}	−12V		
A_{33}	IOR_0	I/O	コマンド	B_{33}	−12V		
A_{34}	IOW_0	I/O	コマンド	B_{34}	$RESET_0$	O	$\overline{RESET}$
A_{35}	MRC_0	I/O	コマンド	B_{35}	$DACK_{00}$	O	5"HD
A_{36}	MWC_0	I/O	コマンド	B_{36}	$DACK_{30}/DACK_{20}$	O	AUX
A_{37}	S_{00}	I/O	S_0	B_{37}	DRQ_{00}	I	5"HD
A_{38}	S_{10}	I/O	S_1	B_{38}	DRQ_{30}/DRQ_{20}	I	AUX
A_{39}	S_{20}	I/O	S_2	B_{39}	$WORD_0$	I	
A_{40}	$LOCK_0$	I/O		B_{40}	$CPKILL_0$	I	
A_{41}	GND			B_{41}	GND		
A_{42}	$CPUENB_{10}$	O		B_{42}	$RQGT_0$	I	バスの解放要求
A_{43}	$RFSH_0$	O		B_{43}	$DMATC_0$	O	END OF PROCESS
A_{44}	BHE_0	I/O		B_{44}	NMI_0	O	
A_{45}	$IORDY_1$	I		B_{45}	MWE_0	O	
A_{46}	$SCLK_1$	O	7.9872MHz(*2)	B_{46}	$HLDA_{00}$	O	
A_{47}	$S_{18}CLK_1$	O	307.2kHz	B_{47}	HRQ_{00}	I	
A_{48}	$POWER_0$	O	電源確認信号	B_{48}	$DMAHLD_0$	I	
A_{49}	+5V			B_{49}	+5V		
A_{50}	+5V			B_{50}	+5V		

(*1) スロット番号が一番大きいスロットの場合は後者，その他のスロットは前者．
(*2) CPUクロックにより，4.9152MHzまたは9.8304MHzになることもある．
(*3) U2では未使用．

〈表1-3〉データ・バスのアクセス・パターン

BHE_0	AB_{001}	意味
0	0	ワード・アクセス
0	1	上位バイト(奇数アドレス)
1	0	下位バイト(偶数アドレス)
1	1	

〈表1-4〉割り込み要求信号線の割り当て

信号名	接続装置	ベクタ番号	備考
IR_{31}	未割り当て	0Bh	INT_0
IR_{51}	カセット磁気テープ	0Dh	INT_1
IR_{61}	未割り当て	0Eh	INT_2
IR_{91}	5インチ固定ディスク	11h	INT_3
IR_{101}	640Kバイト・フロッピ・ディスク	12h	INT_{41}
IR_{111}	1Mバイト・フロッピ・ディスク	13h	INT_{42}
IR_{121}	未割り当て	14h	INT_5
IR_{131}	マウス	15h	INT_6

〈表1-5〉NMIの制御

I/Oアドレス	機能(書き込み時)
50h	NMIを禁止する
52h	NMIを許可する

〈表1-6〉PC9801シリーズのクロック周波数

9.8304MHz	10Mモード
7.9872MHz	8Mモード
4.9152MHz	5MモードおよびPC9801

〈表1-7〉CPUのステータス(バス・サイクル)の意味

S_2	S_1	S_0	意味
0	0	0	インタラプト・アクノレッジ
0	0	1	リードI/Oポート
0	1	0	ライトI/Oポート
0	1	1	ホールド
1	0	0	コード・アクセス
1	0	1	リード・メモリ
1	1	0	ライト・メモリ
1	1	1	受動

▶MWC_0：メモリ・ライト

メモリへの書き込みを示すストローブ信号です．

▶MWE_0：メモリ・ライト・イネーブル

MWC_0よりも遅れたタイミングのメモリへの書き込みストローブ信号です．主として拡張メモリに対するDRAMの書き込みタイミング信号として用いられます．

▶$RFSH_0$：リフレッシュ

バスがDRAMのリフレッシュのために，占有されていることを示します．

▶IR_{31}～IR_{131}：割り込み要求信号

外部からCPUに対してマスカブル割り込みをかけるための入力信号です．各信号のポジティブ・エッジ（“L”から“H”へ変化する瞬間）に割り込みがかかります．拡張スロットから入力可能な割り込みチャネルは合計8チャネルですが，実際に割り当てられている端子は7本です．

すなわち，IR_{101}とIR_{111}とは同じ端子(B_{28})に割り当てられており，スロット番号が一番大きなスロット（例えばスロットが全部で4スロットあるPC9801VMなどではスロット#4）ではIR_{111}，他のスロットではIR_{101}になります．ただし，PC9801の場合にはすべてのスロットがIR_{101}に割り当てられています．

これらの割り込み要求信号線は表1-4のように予約されており，ユーザが割り込みを使用する場合には，未割り当ての割り込みを使用しなければなりません．

▶$IOCHK_0$：NMI要求信号

CPUに対してノンマスカブル割り込みをかけるための入力信号です．本信号のネガティブ・エッジにより割り込みがかかります．

ノンマスカブル・インタラプト(NMI)は，ソフトウェアからのマスク（禁止）制御ができない割り込みで，通常はメモリ・パリティ・エラー検出時に使用しています．ただし，NMIコントロール・ポートに書き込みを行うことにより，ハードウェアで禁止することが可能です（表1-5）．

▶INT_0：インタラプト

各割り込み要求に対して割り込みコントローラ(8259A)が応答したことを示します．

▶NMI_0：ノンマスカブル・インタラプト

ノンマスカブル割り込みがあったことを示します．

▶$SCLK_1$：システム・クロック

CPUのクロックです．機種およびクロック切り替えスイッチによって，表1-6に示したような周波数のクロックが出力されます．また，CPUの違いによってクロックのデューティ比が異なります．詳しくはタイミングの項を参照してください．

▶$S_{18}CLK_1$：307.2kHz

307.2kHzのクロック信号です．シリアル通信回線用のボーレート・クロックとして用いると便利です．

▶$POWER_0$：電源確認信号

▶$RESET_0$：リセット信号

リセットは，＋DC 5 Vが4.75V以下になるか，本体のリセット・スイッチが押されることによってアクティブになります．

▶DRQ_{00}～DRQ_{30}：DMA要求信号

▶$DACK_{00}$～$DACK_{30}$：DMAアクノレッジ信号

ダイレクト・メモリ・アクセス(DMA)を用いてデータ転送を行うときのハンドシェイク信号線です．

DRQ_{00}と$DACK_{00}$は，5インチ固定ディスクのために用意されています．

DRQ_{20}と$DACK_{20}$は，1Mバイト・フロッピ・ディスクのために用意されており，前述のIR_{111}と同じようにスロット番号が一番大きなスロットにのみ割り当てられています．一方，他のスロットでは同じ端子がDRQ_{30}と$DACK_{30}$に割り当てられており，これらは640Kバイト・フロッピ・ディスクのために用意されています．

▶$WORD_0$：ワード/バイト

DMA転送時にワード転送をする場合にアクティブにします．旧タイプのシリーズでは使用されていましたが，最近の機種では未使用です．

▶$DMATC_0$：DMAターミナル・カウント

DMA転送時の最終ワード（またはバイト）のときにアクティブになります．

▶$DMAHLD_0$：DMAホールド

内部のDMAの要求をすべてインアクティブにし，内部DMAが動作しないようにする信号線です．主に外部DMAがバスを占領するために使用します．

$DMAHLD_0$はDRAMのリフレッシュを止めますので，長時間（約140クロック以上）アクティブにしてはいけません．

▶HRQ_{00}：ホールド・リクエスト信号

CPUにホールドを要求する信号です．CPUはホールド要求されるとウェイトの状態になります．CPUを確実にホールドするためには内部のS_4からS_0までHRQ_{00}をアクティブにする必要があります．

▶$HLDA_{00}$：ホールド・アクノレッジ信号

CPUがホールド状態になったことを示す信号線です．

▶$CPUENB_{10}$：CPUイネーブル信号

CPUがバスを使用しているときにアクティブになる信号線です．

▶$IORDY_1$：I/Oレディ

CPUをウェイト状態にするための信号線です．CPUのスピードに対して，アクセス速度が遅いメモリやI/Oデバイスを使用する場合に用います．$IORDY_1$が“L”レベルのとき，CPUはウェイト・サ

イクルを繰り返し，“H”レベルになって初めて次のサイクルに進みます．

CPUがI/Oをアクセスする場合には，内部で自動的にウェイトが入ります（5 MHzモード/1ウェイト，8 MHzモード/2ウェイト，10MHzモード/3ウェイト）．

なお，$IORDY_1$はオープン・コレクタで出力する必要があります．

▶S_{00}，S_{10}，S_{20}：CPUステータス信号

CPUのマキシマム・モードにおけるS_0，S_1，S_2のステータス信号がそのまま出力されています．S_0，S_1，S_2の組み合わせによって，表1-7のようなステータスを意味します．

▶RQ/GT_0：リクエスト/グラント信号

CPUのマキシマム・モードにおけるRQ/GT信号です．

▶$LOCK_0$：ロック信号

CPUのマキシマム・モードにおけるLOCK信号です．

▶$CPKILL_0$

CPUのアドレス/データ・バス・バッファをディセーブルにしてCPUをバスから切り放すための信号です．

▶GND：グラウンド

▶＋5 V：＋5 V電源ライン

▶＋12V：＋12V電源ライン

▶－12V：－12V電源ライン

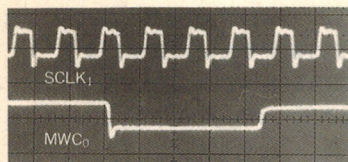
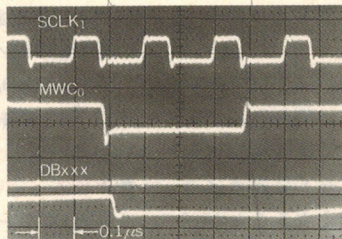
▶V_1，V_2：オプション電源ライン

オプション電源ラインには本体から電源は供給されていません．

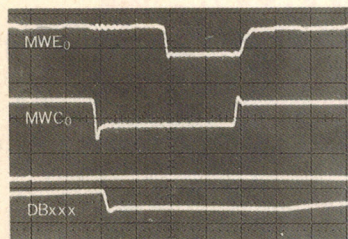
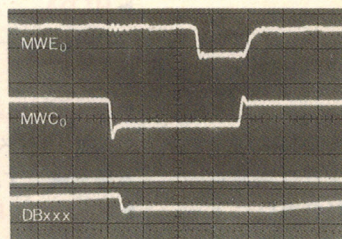
拡張バスの各種信号の実際

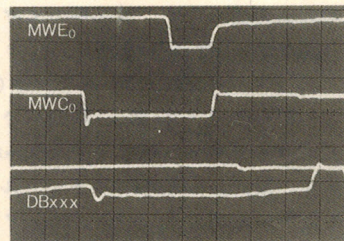
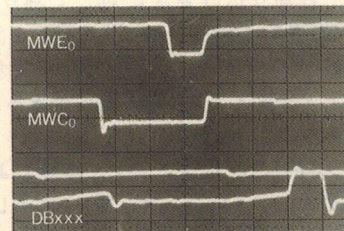
写真Aは，(a)が8 MHzのPC9801Fのシステム・クロックとライトのストローブで，下段が5 MHzのときのクロックとストローブです．5 MHz時にはウェイト・サイクルは入っていませんが，8 MHz時には1ウェイト・サイクルが入っていますので，どちらもストローブの長さは400ns以上あります．(b)のライトのストローブとデータからMWC_0が下がった時点では，まだデータは確定していないことがわかります．

ライト時のデータが確定してからのストローブが欲しい場合は，MWE_0を用います．写真Bの(a)は5 MHz時のMWE_0，MWC_0，およびデータ，(b)は8 MHz時のものです．PC9801VMの場合には，写真Cのようになります．8 MHz時も10MHz時も1ウェイトが入っています．10MHz時のストローブの幅は約300nsと短くなっています（写真D）．

写真EはI/Oのライトのタイミングです．$IORDY_1$を使用しなくても，ある程度のウェイト・サイクルが入り，360ns程度のストローブ幅があります．データ・バスは十分に確定しています．

(a) 8 MHzクロック

(b) 5 MHzクロック

〈写真A〉 PC9801Fのシステム・クロックとメモリ・ライト・ストローブ

(a) 5 MHz

(b) 8 MHz

〈写真B〉 PC9801Fのデータのリード/ライト波形

(a) 8 MHz

(b)10MHz

〈写真C〉 PC9801VMのデータのリード/ライト波形

2 拡張スロットの電気的仕様

2-1 各信号線のドライブ能力

スロット・バスの各信号線は，例外的なものを除いてすべてのスロットに対して並列に配線されています．本体内の信号線のドライブ能力は有限(ほとんどは74 LS245相当の3ステート・バッファで出力されている)ですから，1スロット当たりの負荷容量を規定しておかないと，複数のスロットに同時に拡張基板を装着した場合に，本体のドライブ能力を超えてしまいます．この場合，CPUが誤動作を起こすだけでなく，最悪の場合には本体のICを壊す結果になります．

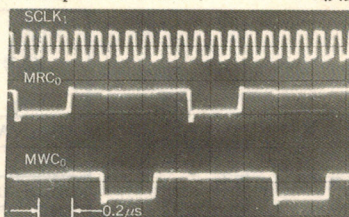
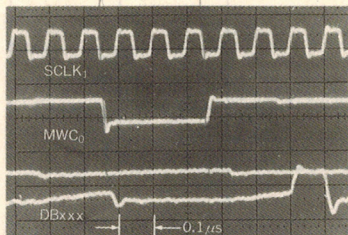
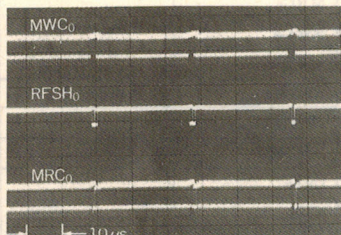
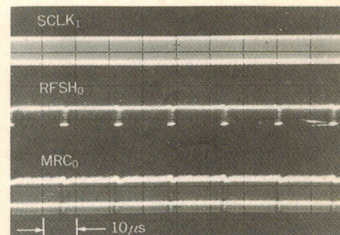
また，スロットに装着された拡張基板の出力(データ出力など)信号線は，本体内の回路をドライブするとともに，他のスロットの拡張基板をもドライブする必要があります．したがって，最大負荷の場合を考えて十分なドライブ能力をもっていることが必要です．

表2-1に各信号線の1スロット当たりの最大入力電流(許容負荷容量)と，拡張基板に要求される最小出力電流(ドライブ能力)の規定値を示します．前者が空欄になっているのは，入力専用の信号線です．また，後者が“不可”となっているのは出力専用の信号線です．

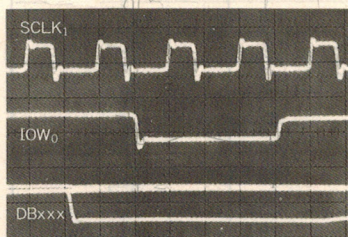
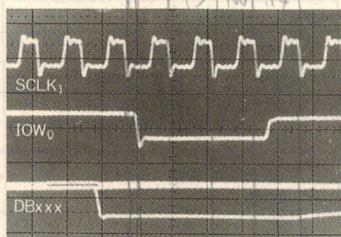
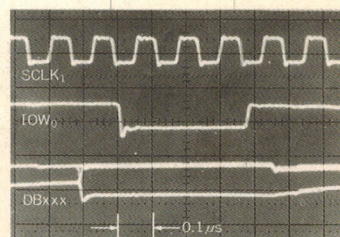
アドレス/データ・バスや一般的なコントロール信号線では，1スロット当たりに許されているI_{IL}(ファン・イン)は-0.8mAです．一般のLS TTLのI_{IL}は-0.4 mAですから，1枚の拡張基板において二つの入力まで並列に接続できます．ただし，TTLによっては入力が通常の2倍必要なものもありますので注意が必要

写真Eを見るとPC9801FとVMでは，同じ8MHzのクロックでもデューティ・サイクルが違うのがよくわかります．

次にリフレッシュ信号を見てみます(写真F)．VMのリフレッシュは約16μsに一度行われており，256ロウ・アドレスを4msで読み出していますので，タイミングとしては十分です．FのRFSH$_0$は28μsに一度です．これでは256ロウ・アドレスに7msもかかってしまいます．

写真Gは，8086のストリング命令MOVESWを実行しているときの，10MHz時のVMのリードとライトのストローブです．見てわかるとおり，わずか10サイクルで1ワードの転送を行いますので，転送能力は2Mbpsになります．〈秋葉澄伸〉

〈写真G〉ストリング命令実行時のリード/ライト・ストローブ

〈写真D〉PC9801VM(10MHz)のシステム・クロックとメモリ・ライト・ストローブ

(a)PC9801F(8MHz)

(b)PC9801VM(10MHz)

〈写真F〉リフレッシュ信号

(a)PC9801F(5MHz)

(b)PC9801F(8MHz)

(c)PC9801VM(8MHz)

〈写真E〉PC9801のI/Oライト・タイミング

です(アドレス・デコーダなどに頻繁に用いられるLS266はその代表的な例).

一方，これらの信号線を拡張基板がドライブする場合には，I_{OL}(ファンアウト)が最低12mA要求されています．この値は一般のLS TTLでは満たすことは不可能で，バッファ・タイプのLS TTL(74LS245など)を使用しなければなりません．もちろん，8255AなどのペリフェラルLSIでも直接ドライブすることはできません．ただし，I_{OL}が8mAでよい信号線は一般のLS TTLでドライブ可能です．

$IOCHK_0$や$IORDY_1$などの信号線は，バス上でアンド・タイ(ワイヤードOR)にされる可能性があります．したがって，これらの信号線はオープン・コレクタ(LS03などを用いる)で出力する必要があります．

2-2 電源容量

スロット・バスには，電源として＋5V，＋12V，−12Vの3種類が供給されています．それぞれの電源の1スロット当たりに許されている容量は，表2-2のように規定されています．また，全スロット合計の最大容量は1スロット当たりの容量にスロットの個数を掛けた値です．この容量値を超える拡張基板を作成した場合には，ボードの組み合わせによって全スロット合計の許容値を超えてしまい，電源を破壊することも考えられます．

〈表2-2〉 1スロット当たりの電源容量

電源	変動率	PC9801/E/F/M	PC9801U/VF/VM
＋5V	±5%以内	0.5A	0.5A
＋12V	±10%以内	0.06A	0.05A
−12V	±10%以内	0.07A	0.07A

2-3 信号線のタイミング

▶システム・クロック

システム・クロック($SCLK_1$)の周波数は，機種やクロック切り替えスイッチの位置によって異なります．また，同じクロック周波数でも，CPUが8086の場合とV30との場合ではクロックのデューティ比が異なっ

〈表2-1〉 各信号線のドライブ能力

<table>
<tr><th rowspan="2">信号名</th><th colspan="2">1スロット当たりの最大入力電流</th><th colspan="2">外部ロジックがドライブする時の最小出力電流</th></tr>
<tr><th>I_{IL}(mA)</th><th>I_{IH}(μA)</th><th>I_{OL}(mA)</th><th>I_{OH}(mA)</th></tr>
<tr><td>AB_{001}～AB_{191}</td><td rowspan="8">−0.8</td><td rowspan="8">40</td><td rowspan="7">12</td><td rowspan="7">−1.2</td></tr>
<tr><td>BHE_0</td></tr>
<tr><td>DB_{001}～DB_{151}</td></tr>
<tr><td>IOR_0</td></tr>
<tr><td>IOW_0</td></tr>
<tr><td>MRC_0</td></tr>
<tr><td>NWC_0</td></tr>
<tr><td>MWF_0</td><td colspan="2">不可</td></tr>
<tr><td>$RFSH_0$</td><td>全スロットで−0.8</td><td>全スロットで40</td><td>12</td><td>−1.2</td></tr>
<tr><td>IR_{31}～IR_{131}</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="2">8</td><td rowspan="2">−0.4</td></tr>
<tr><td>$IOCHK_0$</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>INT_0</td><td rowspan="6">−0.8</td><td rowspan="6">40</td><td rowspan="6" colspan="2">不可</td></tr>
<tr><td>NMI_0</td></tr>
<tr><td>$SCLK_1$</td></tr>
<tr><td>S_{18} CLK_1</td></tr>
<tr><td>$POWER_0$</td></tr>
<tr><td>$RESET_0$</td></tr>
<tr><td>DRQ_{00}～DRQ_{30}</td><td>—</td><td>—</td><td>8</td><td>−0.4</td></tr>
<tr><td>$DACK_{00}$, $DACK_{30}$</td><td>全スロットで−1.6</td><td>全スロットで80</td><td colspan="2">不可</td></tr>
<tr><td>$DMATC_0$</td><td>全スロットで−1.6</td><td>全スロットで80</td><td rowspan="3">8</td><td rowspan="3">−0.4</td></tr>
<tr><td>$DMAHLD_0$</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>HRQ_{00}</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>$HRDA_{00}$</td><td rowspan="2">−0.8</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2" colspan="2">不可</td></tr>
<tr><td>$CPUENB_{10}$</td></tr>
<tr><td>$IORDY_0$</td><td>—</td><td>—</td><td rowspan="5">8</td><td rowspan="5">−0.4</td></tr>
<tr><td>S_{00}, S_{10}, S_{20}</td><td>全スロットで−0.4</td><td>全スロットで20</td></tr>
<tr><td>RQ/GT_0</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>$LOCK_0$</td><td>全スロットで−0.4</td><td>全スロットで20</td></tr>
<tr><td>$CPKILL_0$</td><td></td><td></td></tr>
</table>

ています．

すなわち，8086の場合には“L”と“H”のデューティ比が2対1だったのに対して，V30の場合にはその比が1対1になっています(図2-1および表2-3参照)．したがって，システム・クロックを用いて各種タイミングを作成する場合には，どちらのCPUでも動作可能なように注意して設計する必要があります．

▶メモリ・リード・サイクル

メモリ・リード・サイクルは，T_2ステートの始まりでMRC_0がアクティブになることからスタートします．T_2ステートの終わりに$IORDY_1$が“L”であれば，CPUはウェイト・サイクル(T_Wステート)に入ります．その後，$IORDY_1$が“H”になるとT_WステートからT_4ステートに移行し，その瞬間にデータがCPUに読み込まれます．システム・クロックが5MHzのときはウェイト・サイクルは入りませんが，8MHzまたは10MHzのときには1クロックのウェイト・サイクルが自動的に挿入されます．ただし，10MHzモードで，オプションROM空間をアクセスする場合には，2クロックのウェイトが入ります(図2-2および表2-4参照)．

メモリ素子に要求されるアクセス・タイムt_{acc}は，バス・バッファなどのディレイ・タイムを無視すると，次のようにして求めることができます．

$$t_{acc}=(2+n)\times t_{cy}-t_{CLMRL}-t_{DVCL} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここで，nは挿入されるウェイト・サイクル数です．一番厳しいと考えられる10MHzの場合について試算してみると，

$3\times 101.73-38-28 \fallingdotseq 239$(ns)

という結果になります．

▶I/Oリード・サイクル

I/Oリード・サイクルでは，CPUが8086の場合とV30の場合とでIOR_0がアクティブになるタイミングに違いがあります．8086では，メモリ・リード・サイクルと同様に，T_2ステートの始まりにアクティブになりますが，V30の場合にはT_3ステートの始まりになって初めてアクティブになります(図2-2および表2-4参照)．

したがって，8086の場合のI/Oに要求されるアクセス・タイムは，(1)式と同様にして(もちろんt_{CLMRL}はt_{CLIRL}に変更する)求められるのですが，V30の場合には(1)式の2を1に変えて計算しなければなりません．すなわちV30の場合には，より厳しいアクセス・タイムが要求されるのです．

一般に，I/Oデバイスはメモリに対してアクセス・スピードが遅いものが多く，クロックが5MHz，8MHz，10MHzの場合にそれぞれ1，2，3サイクルのウェイト・サイクルが自動的に挿入されています．

アクセス・スピードが最も要求されるV30の8MHzモード(10MHzの場合にはウェイトのサイクル数が多いため，8MHzより楽になる)の場合のアクセス・タイムを計算してみると，

$3\times 125.2-50-38 \fallingdotseq 287$(ns)

となります．

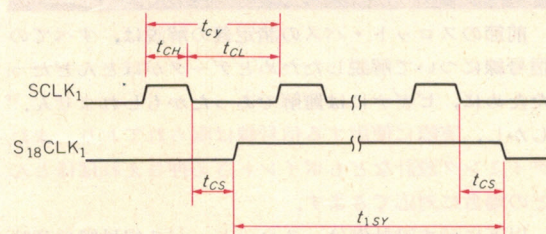
▶メモリ・ライト・サイクル

メモリ・ライト・サイクルは，メモリ・リード・サイクルと同様にT_2の始まりにMWC_0がアクティブになることからスタートします．ただし，このときにデータ・バスの内容が確定している保証はありません．データ・バスが確定後のストローブ信号として，MWE_0がT_3ステート(T_Wステートが入った場合には最後のT_Wステート)の始まりにアクティブになります．

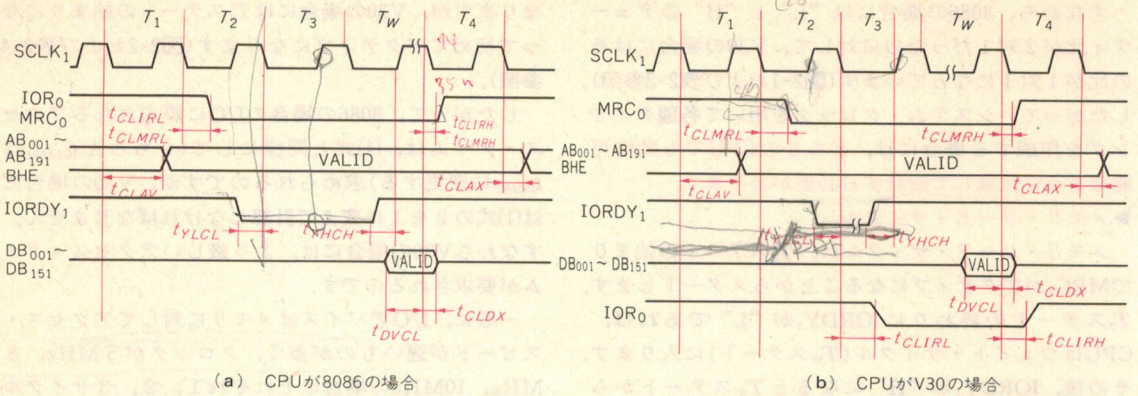
T_3ステート(T_Wステートが入った場合にはT_Wステート)が終わるとMWC_0およびMWE_0がインアクティブになり，その後データ・バスのデータが不定になります．すなわち，MWE_0がアクティブの間は，データ・バスのデータは確定していることになります．

しかし，MWE_0がアクティブになっているのが保証されるのは，1クロック・サイクル未満の短期間ですし，MWE_0のポジティブ・エッジからのデータのホールド・タイムがMWC_0の場合に比べて短いので，使用する場合には注意が必要です(図2-3および表2-5参照)．

メモリ・ライト・サイクルにおいても自動的にウェイト・サイクルが挿入され，そのサイクル数はメモリ・リード・サイクルと同様です．

〈図2-1〉システム・クロック

〈表2-3〉システム・クロックのタイミング

記号	パラメータ	5MHz mode(8086)		8MHz mode(8086)		8MHz mode(V30)		10MHz mode(V30)	
t_{cy}	SCLK Cycletime	203.45		125.20		125.20		101.73	
記号	パラメータ	min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)
t_{CH}	SCLK hightime	70	84	43	57	46	79	38	64
t_{CL}	SCLK low time	120	134	68	82	56	69	46	56
t_{18y}	S_{18} CLK cycletime	307.200(Hz)		307.200(Hz)		307.200(Hz)		307.200(Hz)	
t_{CS}	S_{18} CLK Delytime	19	67	83	133	—	規定しない	—	

〈図2-2〉リード・サイクルのタイムチャート

(a) CPUが8086の場合　　(b) CPUがV30の場合

〈表2-4〉リード・サイクルのタイミング

記号	パラメータ	5MHz mode(8086)		8MHz mode(8086)		8MHz mode(V30)		10MHz mode(V30)	
		min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)
t_{CLMRL}	MRD active Delay	0	35	0	35	−45	38	−45	38
t_{CLMRH}	MRD inactive Delay	0	35	0	35	0	35	0	35
t_{CLAV}	ADDRESS valid Deley		128		78		78		68
t_{CLAX}	ADDRESS hold time	0		0		0		0	
t_{DVCL}	Read DATA set up time	54		40		38		28	
t_{CLDX}	Read DATA hold time	10		10		10		10	
t_{MRLH}*1	MRD PULSE WIDTH	407 (2T)		376 (3T)		376 (3T)		305 (3T)*3	
t_{IRLH}*1	IOR PULSE WIDTH	610 (3T)		501 (4T)		361 (4T)		392 (5T)	
t_{CLIRL}	IOR active Delay	14	74	80	138	−47	50	−47	50
t_{CLIRH}	IOR inactive Delay	14	74	14	74	0	35	0	35
t_{YLCL}*2	IORDY inactive set up	237		159					
t_{YHCH}	IORDY active set up	168		116		60		43	

(＊1) CPUに外部からWaitをかけない時
(＊2) IORDYはバスに対して非同期でよい．本規格値内でクロックに対して変化させれば，次のcycleの動作が保証される
(＊3) オプションROMのアドレス空間では407(4T)となる

▶I/Oライト・サイクル

I/Oライト・サイクルでは，T_2ステートの始まりにデータ・バスの内容が確定した後に，T_3の始まりでIOW_0がアクティブになります．その後，T_4ステートの始まりでIOW_0がインアクティブになり，十分なホールド・タイムを確保した後にデータ・バスのデータが不定になります．IOW_0がアクティブの間，書き込みデータは確定しており，前後のマージンも十分確保されています．

I/Oライト・サイクルにおいても自動的に挿入されるウェイト・サイクル数は，I/Oリード・サイクルと同様です．

以上のタイミングには，CPUが8086の場合でもV30の場合でも大きな違いはありません(図2-3参照)．問題は，IOW_0がアクティブになっている時間t_{IWLH}ですが，次のようにして求めることができます．

$$t_{IWLH}=(1+n)\times t_{cy}-t_{CLIL}+t_{CLIH} \quad \cdots\cdots(2)$$

最も タイミングが厳しくなるV30の8MHzモードでは，

$$t_{IWLH}=3\times 125.2-100+0\fallingdotseq 275(\text{ns})$$

になります．

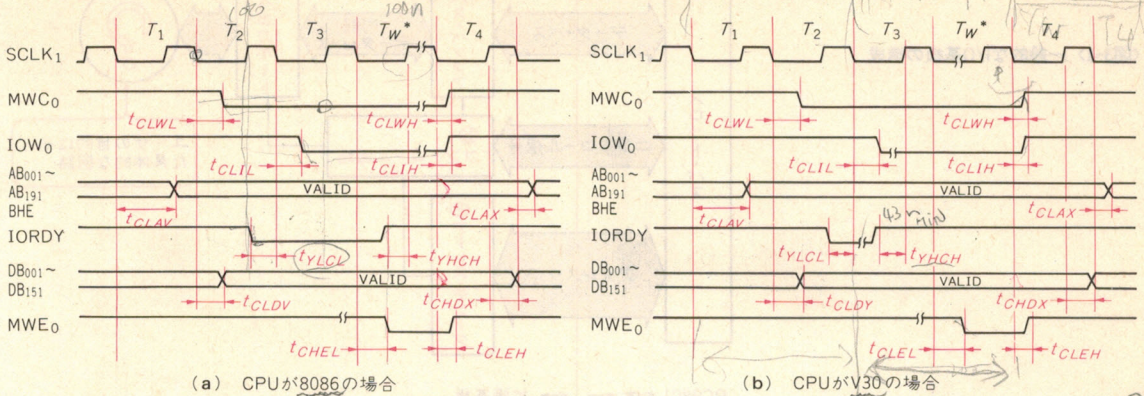
3 拡張ボードの設計例1　汎用ICによるI/Oポート

前節のスロット・バスの諸定義の解説は，すべての信号線について解説したためとデータがほとんどだったために，ビギナには難解であったかもしれません．しかし，実際に使用する信号線は限られており，またタイミング設計などもポイントさえ押さえればほとんどの場合に対応できます．

以下に示す設計例は，スロット・バス信号線の意味を理解し，拡張基板の基本的な設計方法を示すことが目的です．したがって，設計例の回路がすぐに何かに使えるといったものではありません．

3-1 I/Oアドレスについて

どのようなI/O基板を設計する場合においても，共通に解決しなければならない事項として，拡張基板の

（a） CPUが8086の場合　　（b） CPUがV30の場合

〈表2-5〉ライト・サイクルのタイミング

記号	パラメータ	5MHz mode(8086)		8MHz mode(8086)		8MHz mode(V30)		10MHz mode(V30)	
		min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)	min(ns)	max(ns)
t_{CLMWL}	MWC0 active Delay	0	35	0	35	−45	38	−45	38
t_{CLMWH}	MWC0 inactive Delay	0	35	0	35	0	35	0	35
t_{CLIWL}	IOW0 active Delay	−70	74	−43	74	14	100	14	100
t_{CLIWH}	IOW0 inactive Delay	14	74	14	74	0	35	0	35
t_{CLDV}	Write Data Valid Delay		122		72		78		68
t_{CHDX}	Write Data hold time	10		10		10		10	
t_{CLEL}	MWE0 active Delay(CPU)	11	37	11	37		69		41
t_{CLEH}	MWE0 inactive Delay(CPU)	19	65	19	65		120		34

I/Oアドレスをどこにするかという問題があります．PC9801シリーズの場合，ユーザに開放されているのは，ＤＯｈ～ＤＦｈとＥＣｈ～ＦＯｈのI/Oアドレスだけです．したがって，必然的にこの中から選ばなければなりません．さらに面倒な問題は，すでに市場に広まっている既製の拡張基板も，当然この中のいずれかのI/Oアドレスを使用しているという事実です．

世の中に存在するPC9801シリーズの拡張基板の種類といえば，きっと恐ろしい数になるに違いありません．これらのどれともI/Oアドレスが等しくならないように，アドレスを選ぶことなど考えただけでうんざりしてしまいます．しかし，最低限避けるべきなのはＥＣｈです．

このアドレスは，市場に出回っている多くのメモリ基板において，メモリ・バンクを切り替えるのに使用しています．これらの基板を使用しているときに，誤ってこのアドレスに出力を行うとメチャクチャなバンクに切り替わってしまい，システムが暴走する恐れがあります．

幸いなことに，正確にいうとPC9801にはもっと多くのI/Oアドレスが開放されているのです．なぜならば前述の空きアドレスは，上位アドレスを無視した場合のことで，実際にはそれぞれのアドレスについて，上位アドレスがＯＯｈからＦＦｈまでの256通りの組み合わせが選択可能だからです．すなわち，例えば同じＤＯｈでも，ＯＯＤＯｈからＦＦＤＯｈまでの256通りのアドレスが別々に使用可能なのです．

3-2　推奨したいアドレス・デコード

以上の事実を検討した結果，お勧めできるのは次のような解決策です．

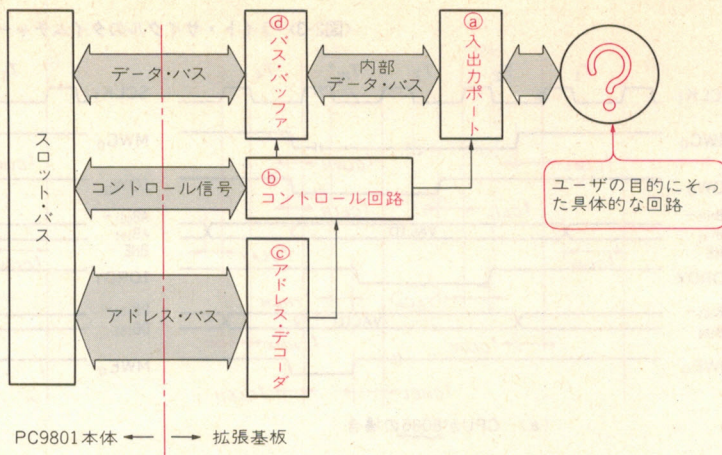
①I/Oアドレスの下位は，とりあえずＤＯｈ～ＤＦｈの連続した空間に必要なバイト数だけ割り当てる．
②他の基板との競合を避けるため，アドレスの上位8ビットもデコードして16ビットのアドレスを与える．
③上位アドレスは，ディップ・スイッチにより設定可能なようにする．

以上により，とりあえずアドレスがわかっている拡張基板のアドレスは避けることができますし，万が一アドレスを決定した後に，アドレスが同じで共存させたい拡張基板が現れた場合には，アドレスをディップ・スイッチにより設定し直すことも可能です（当然ソフトは変更しなければなりませんが）．また，こうすることにより，同じ基板を複数枚併用することも可能です．

3-3　汎用ICによるI/Oポートの仕様

それではさっそく具体的な設計を始めることにしましょう．

まず最初に，汎用IC（TTLなど）を用いたI/Oポート

〈図3-1〉 一般的なI/O基板の構成

を設計する場合の例をあげて，I/Oポートの意味や基本的な設計要領について詳しく解説します．

何を設計する場合にもそうですが，最初にこれから設計するものの仕様を明らかにしなければなりません．本設計例の場合，目標仕様は次のようなものとします．

①入出力点数はともに１ワード(２バイト)の16チャネルとする．

②I/Oアドレスは入出力ともに××ＤＥｈおよび××ＤＦｈ番地とする(××は任意に設定可能)．

③ポートに対するアクセスは，バイトおよびワードでのアクセスの両方可能とする．

④使用するICはLS TTLとする．

一般的なI/O基板の回路を大まかにブロック化すると，図3-1に示すような構成要素に分けられます．

ⓐは実際に出力データをラッチ(記憶)して出力するための出力ポートや，入力データをバスに取り込むための入力ポート．

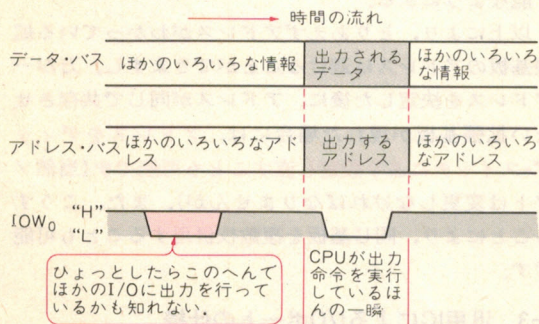
ⓑはⓐの入出力ポートにストローブ・パルスを与えるためのコントロール回路．

ⓒはCPUから所定のアドレスが出力された場合だけに動作させるためのアドレス・デコーダ．

ⓓは基板のファンイン(入力電流)やファンアウト(出力電流)の規定値を満足させるためのバス・バッファ．

ⓐの入出力ポートは，実際には専用の周辺LSIを用いる場合が多い(設計例２を参照)のですが，本設計例ではI/Oポートの構成方法を理解するために，あえて標準ICを用いて設計することにしました．

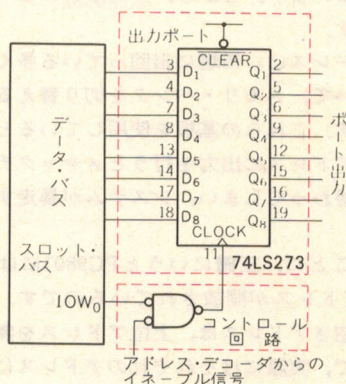
〈図3-2〉 出力ポートの働き

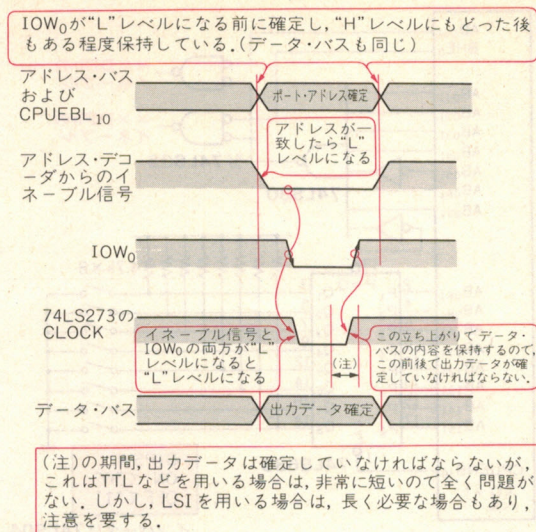
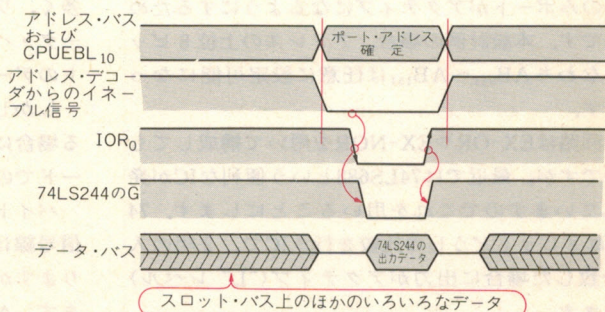
	→ 時間の流れ		
データ・バス	ほかのいろいろな情報	出力されるデータ	ほかのいろいろな情報
アドレス・バス	ほかのいろいろなアドレス	出力するアドレス	ほかのいろいろなアドレス
IOW_0 “H” “L”	ひょっとしたらこのへんでほかのI/Oに出力を行っているかも知れない．	CPUが出力命令を実行しているほんの一瞬	

CPUが出力命令を実行しても，ほんの一瞬しか必要なデータがデータ・バスに出力されない．出力ポートは，自分のアドレスが指定されてIOW_0が“L”レベルになったことを知ると，すかさずデータを取り込んでそれを保持しなければならない．

3-4 出力ポートの設計

出力ポートの役目は，CPUが出力(ＯＵＴ)命令を実行した瞬間にしかデータ・バスに出力されない出力データを，他の回路や人間が使用可能なように持続的な信号にしてやることです(図3-2)．実際には，この一瞬のデータをラッチまたはDタイプ・フリップフロップに記憶させます．

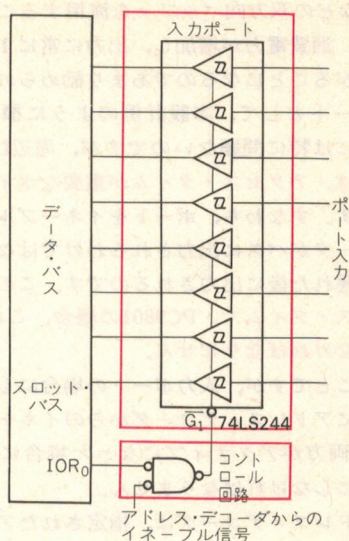
CPUが出力命令を実行すると，ポートのアドレスと出力データをバスに出力したのちに，IOW_0(I/Oライト)を一瞬アクティブにします．IOW_0はアクティブ“L”の信号線ですから，通常は“H”レベルで，

〈図3-3〉 出力ポートの構成

〈図3-4〉 出力ポートのタイミング

〈図3-5〉 入力ポートの構成

〈図3-6〉 入力ポートのタイミング

出力動作を行う場合に"L"レベルになります."L"レベルになっている時間は機種やクロック周波数により違いますが,最低でも約300nsは確保されています.

300nsという時間は人間にとってみるとほんの瞬間の出来事ですが,標準のロジックIC(TTLやHC-MOSなど)にとっては十分余裕のある時間です.ただし,周辺LSIの中にはもう少し時間が必要なものもありますから,注意が必要です.

本設計例では16ビットの出力ポートが必要ですから,D-FFが8個入った74LS273を2個使用します(図3-3).必要なポート数が少ない場合には,必要な数に応じて74LS74,LS175,LS174などを用いればよいでしょう.また,74LS374を用いると出力電流が大きく取れますので,LEDぐらいでしたらそのままドライブできます.

74LS273(他のD-FFも同じ)は,クロック入力の立ち上がり(ポジティブ・エッジ)でデータをラッチします.このクロックを作成するのがⓑのコントロール回路で,前述のIOW_0を用いて作ります.IOW_0がアクティブ("L"レベル)になっている間とその前後では,出力されるべきデータが確定してデータ・バス上に出力されています.

したがって,IOW_0の立ち下がりと立ち上がりのどちらを用いてもよいのですが,ここではIOW_0の立ち上がりがクロックの立ち上がりになるようにします.図3-4に出力ポートのタイミングを示します.

出力ポートにクロックが与えられるのは,自分に割り当てられたアドレスが指定された場合だけにしなければなりません.そこで,ⓒのアドレス・デコーダで作成されたイネーブル信号を用いて,必要な場合にのみクロックが出力されるようにします.

3-5 入力ポートの設計

一方,入力ポートは外部の信号をCPUが入力(IN)命令を実行した瞬間にデータ・バスに取り込むための回路です.すなわち,IOR_0(I/Oリード)がアクティブ("L"レベル)になっている間だけ,信号をデータ・バスに出力すればよいのです.これには,3ステート・バッファを用い,その出力イネーブル信号をIOR_0を用いて作成します.

具体的には,図3-5に示したように8チャネルの3ステート・バッファ74LS244を2個使用して16ビット

の入力ポートを構成することにします．筆者は，74LS244の入出力のピン配置があまり好きではないので，74LS245などの双方向バッファを流用することが多いのですが，消費電力が増加し，出力に常に1ゲート入力ぶら下がることになるのであまり勧められません．

入力ポートとして，本設計例のように標準ICを用いる場合には特に問題ないのですが，周辺LSIを用いる場合には，アクセス・タイムが重要なポイントになってきます．すなわち，ポートをイネーブルにしても即座にデータがバスに出力されるわけではなく，わずかな時間遅れた後に出力されるのです．この遅れ時間がアクセス・タイムで，PC9801の場合，これが約280ns以下でなければなりません．

当然のことですが，入力ポートの場合にも出力ポートと同様にアドレス・デコーダからのイネーブル信号とIOR_0の両方がアクティブになった場合にのみ動作するようにしなければなりません．

ⓒのアドレス・デコーダは，指定されたアドレスの場合にのみポートがアクティブになるようにするためのものです．本設計例の場合，アドレスの上位8ビット，すなわちAB_{081}〜AB_{151}は任意に設定可能になっています．

この回路はEX-ORやEX-NORを用いて構成してもよいのですが，最近では74LS688という便利なICが発売されていますのでこれを用いることにします．74LS688は8ビットどうしの比較を行うICで，2組の入力が一致した場合に出力がアクティブ("L" レベル)になります．

入力の一方をアドレス・バスに接続し，他方をプルアップするとともにディップ・スイッチを通してグラウンドに接続します．ディップ・スイッチがOFFの場合，プルアップにより入力は"H" レベルになり，ONの場合には当然"L" レベルになります．

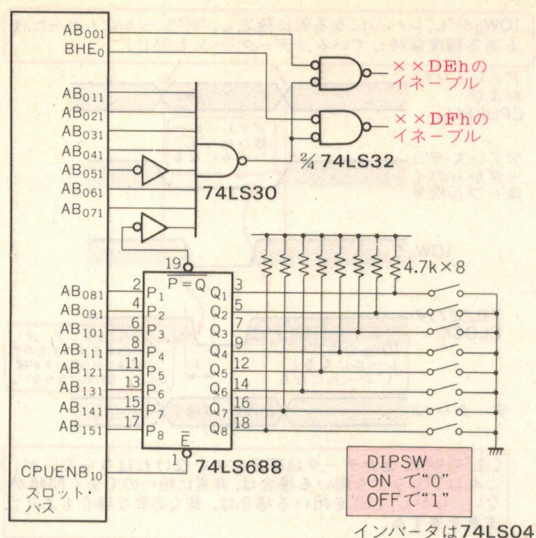
3-6　アドレス・デコード部の回路構成

後述のAB_{001}を除いた下位7ビットのアドレスは，ＤＥｈになるようにNANDゲートとNOTゲートでデコードします．

デコードする場合に忘れてはならないのが，$CPUENB_{10}$という信号線です．この信号線がアクティブ("L" レベル)な場合にのみ，I/Oポートが動作するように設計しなければなりません．

本設計例のポイントのひとつは，ポートに対するアクセスがバイトでもワードでも可能であるという点です．これはメモリ基板を設計する場合には当然なことなのですが，I/O基板の場合には特に考慮されない場合がほとんどです．

というより，一般的にI/O基板は8ビットCPUの周辺LSI(8251A，8255Aなど)を用いて設計する場合が

〈図3-7〉アドレス・デコーダ

多く，ワード・アクセスが原理的に不可能なのです(データ・バスが8本しかないのでワードすなわち16ビットのデータを一度にアクセスすることはできません)．

しかし，本設計例のように汎用ICを用いて構成する場合には，このような制限はなく，バイトおよびワードでのアクセスを可能にするべきでしょう．

バイトおよびワードでのアクセスを実現するための信号線は，AB_{001}(A_0)とBHE_0です．名称は全く異なりますが，これら2本の信号線は同じような働きをします．AB_{001}は，1ワード(16ビット)のうち下位の8ビット(すなわち偶数アドレス)に対してアクセスが行われる場合にアクティブ("L" レベル)になり，一方BHE_0は上位の8ビット(すなわち奇数アドレス)に対してアクセスが行われる場合にアクティブ("L" レベル)になります．

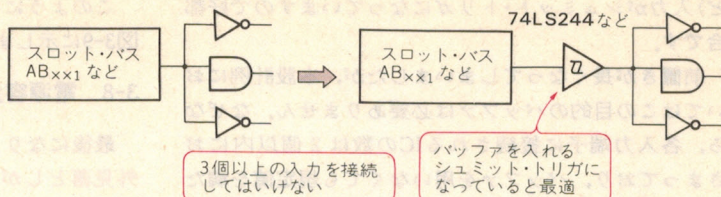
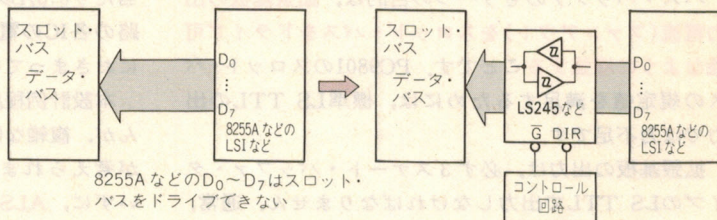
したがって，AB_{001}とBHE_0の両方がアクティブの場合には，上位バイトと下位バイトの両方に対してアクセスが行われること，すなわちワード・アクセスを意味します．

以上をまとめると，偶数アドレスに接続したデバイスはAB_{001}がアクティブ("L" レベル)のときに動作し，奇数アドレスに接続したデバイスはBHE_0がアクティブのときに動作するように設計すればよいのです．

図3-7にアドレス・デコード例を示します．

3-7　バス・バッファの考え方

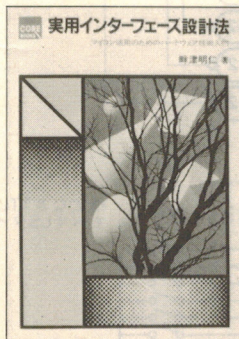
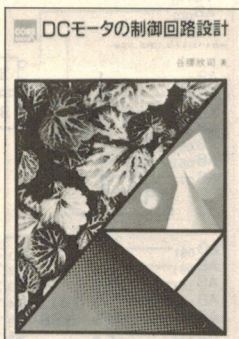
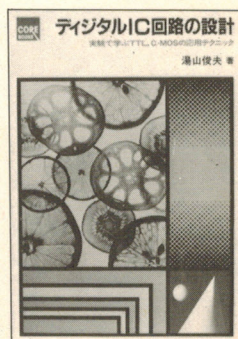
ⓓのバス・バッファの目的は，大きく図3-8に示したように二つに分けられます．一つは拡張基板の入力端子と基板内の回路の間に挿入する場合で，これは入力端子に流れる電流をスロット・バスの許容値内におさめることが目的です．

〈図3-8〉 バス・バッファの必要な場合

(a) 入力が3個以上並列になる場合(アドレス・バス, コントロール信号)

(b) 出力がバッファ・タイプでない場合(データ・バス)

TTL ICは入力端子に決まっただけの電流(ファンイン)を流さなければ動作しないのですが, いくつかのICの入力端子が並列に接続されると, この電流の合計値がスロット・バスのドライブ能力(ファンアウト)を超えてしまう恐れがあります.

具体的には, PC9801のスロット・バスはLS TTL (74LS×××という品番がついたシリーズ)の入力を2個までドライブする能力があります. したがって, 2個を超える入力が並列になってしまう場合には, スロット・バスの端子と内部回路の間にバッファを入れなければなりません. ただし, LS TTLの入力電流値(ファンイン)はすべてが等しいわけではなく, 例外的に異なる値を取ることもあります.

その場合は, 1個までしかドライブできないこともありますし, 逆に4個までドライブ可能なこともあります. また, ここでいうバッファは, 特にバッファ専用のICである必要はなく, 通常のLS TTLを間に1段入れるだけでよいのですが, どうせ入れるなら入力がシュミット・トリガになっているIC(インバータであれば74LS14)を用いたほうがノイズに対して有効です.

もっとも, バッファ専用のICの多くは(74LS244な

ど)入力がシュミット・トリガになっていますので好都合です.

前置きが長くなってしまいましたが，本設計例においてはこの目的のバッファは必要ありません．なぜなら，各入力端子に接続されるICの数は2個以内におさまっており，バッファを用いなくても規定値を満たすからです.

バス・バッファのもう一つの目的は，拡張基板の出力電流(ファンアウト)をスロット・バスをドライブ可能なように増強することです．PC9801のスロット・バスの規定値を満足するためには，標準LS TTLの出力では力不足です.

拡張基板の出力は，必ず3ステート・バッファ・タイプのLS TTLで出力しなければなりません．通常，拡張基板から出力される信号線はデータ・バスだけですが，本設計例では入力ポートの出力(74LS244)が3ステート・バッファになっていますから，この他にバッファを入れる必要はありません.

しかし，入力ポートとして周辺LSIを用いる場合などには，バッファが必要になってきます．通常，データ・バスは双方向(入力にも出力にもなるという意味)で使用されるのが一般的ですから，この場合には双方向バス・バッファ(74LS245など)を用いるのが便利です.

このようにして設計された拡張基板の全体回路図を，図3-9に示します.

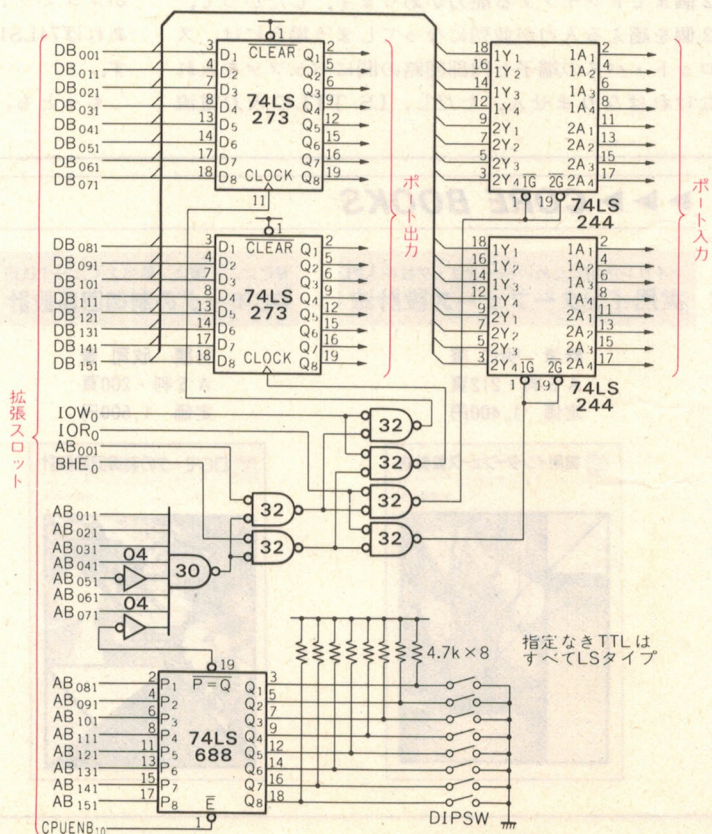
3-8 電源容量も要注意

最後になりましたが，拡張基板を設計するうえで案外見落としがちなのが電源容量の問題です．PC9801のスロット・バスは，＋5Vの電源容量を1スロット当たり0.5A以内に規定しています．でき上がった回路の各ICの電源電流の最大値の合計が，規定値以内におさまっているかどうかの検証が必要です.

本設計例程度の回路では電源容量の心配はありませんが，複雑な回路になると，電源容量が不足する場合が考えられます．そういった場合は，LS TTLを用いずに，ALS TTLやHC-MOSを使用するとある程度電源容量に余裕がでてきます.

ALS TTLは，LS TTLに比較してより高速で，低消費電力なので完全に置き換えが可能です．HC-MOSはC-MOS構造になっているために，静的消費電流はほんのわずか(μAのオーダ)ですが，LS TTLと完全に互換性があるわけではありません.

特に，高速性を要求する場合や，出力電流(ファンアウト)を多く必要な場合には注意が必要です．実際問題として，HC-MOSの3ステート・バッファ出力で，PC9801のバスをドライブするのには多少無理が

〈図3-9〉 設計例1の全回路

あるようです．

[4]拡張ボードの設計例2　80系周辺LSIの接続

設計例1ではスロット・バスの基本的な使用方法を解説するために，標準ICを使用して設計を行いましたが，実際には専用周辺LSIを用いたほうが有利な場合が多いでしょう．

8086は8ビットの老舗である8080Aから発展した16ビットCPUですから，80系のペリフェラルLSIを用いるのが順当です．

ここでは，80系ペリフェラルLSIの代表である8255A(パラレル・インターフェース)を接続する場合を例にあげて解説します．他の80系LSIもほとんど同じ考え方で接続可能です．まず，目標仕様を次のように設定します．

①8255Aを4個使用し，96ビットのI/Oポートを構成する．

②I/Oアドレスは，××D0hから××DFhまでの16バイトとする(××は任意に設定可能)．

4-1　8255Aの内部レジスタの割り付け

基本的な考え方は設計例1で解説しましたので，ここでは設計例1と異なる点について解説することにします．

8255Aの内部には4バイト分のレジスタがあり，それらのどれにアクセスするかを選択するのが8255AのA_0，A_1という入力端子です．8ビットCPUに接続する場合には，通常この2本をアドレス・バスの最下位，すなわちA_0とA_1に接続すればよいのですが，16ビットCPUである8086の場合はそう単純にはいきません．

8086のデータ・バスは16ビットあり，偶数番地のデータは必ずデータ・バスの下位8ビットを用いてアクセスされ，奇数番地のデータは上位8ビットを用いてアクセスされます．一方，8255Aのデータ・バスは当然8ビットですから，それを例えば下位8ビットに接続した場合には，偶数番地しか利用できないことになります．

したがって，この場合アドレス・バスの最下位AB_{001}は偶数番地(すなわちデータ・バスの下位ビット)に接続された8255Aが選択されたことを示すことに用いられ，内部レジスタを選択するためには用いることができません．つまり，A_0とA_1に接続できるのはAB_{001}を除いた下位2ビットのAB_{011}とAB_{021}なのです．

本設計例では8255Aを4個接続しますから，全体で4×4＝16バイトのI/O空間を使用することになります．しかし，その割り当ては個々の8255Aに対して連続ではなく，表4-1のように1バイトおきの割り当てになります．

〈表4-1〉I/Oアドレスと8255Aの割り当て

I/Oアドレス	AB_{031}	AB_{001}	BHE_0	8255A	内部レジスタ
××D0	0	0	×	#0	ポートA
××D1	0	×	0	#1	ポートA
××D2	0	0	×	#0	ポートB
××D3	0	×	0	#1	ポートB
××D4	0	0	×	#0	ポートC
××D5	0	×	0	#1	ポートC
××D6	0	0	×	#0	コマンド
××D7	0	×	0	#1	コマンド
××D8	1	0	×	#2	ポートA
××D9	1	×	0	#3	ポートA
××DA	1	0	×	#2	ポートB
××DB	1	×	0	#3	ポートB
××DC	1	0	×	#2	ポートC
××DD	1	×	0	#3	ポートC
××DE	1	0	×	#2	コマンド
××DF	1	×	0	#3	コマンド

×は0，1に無関係なことを示す

この割り当てを行うのが，AB_{001}，BHE_0，AB_{031}の信号線です．これら3本の信号線とアドレス・バスの上位をデコードしたイネーブル信号の組み合わせによって，個々の8255Aに対するチップ・セレクト信号(CS)を作成します．

80系の周辺LSIにおいて，アクセスのストローブは$\overline{RD}$と$\overline{WR}$により行われます．このことは，8086を使用しているPC9801でも同様で，IOR_0を$\overline{RD}$に接続し，IOW_0を$\overline{WR}$に接続するだけで完了です．

8255AにはRESET入力端子があり，これをバスの$RESET_0$に接続すればよいのですが，この場合$RESET_0$がアクティブ“L”なのに対してRESETはアクティブ“H”ですから，インバータを介して接続します．

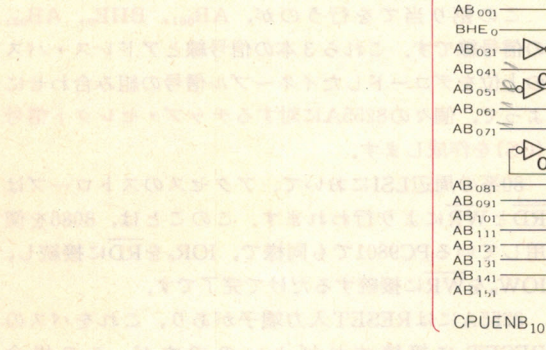
4-2　8255Aにはバス・バッファが必要

設計例1の場合は，特別なバス・バッファは必要ありませんでしたが，本設計例ではそれが不可欠です．8255Aのデータ・バス出力はスロット・バスの規定値をそのままドライブすることはできません．

したがって，双方向バス・バッファ74LS245を用いてバッファリングします．このとき，重要なのが方向(DIR)制御の問題です．

ここでは，バッファの方向を通常はスロット・バスから8255Aの方向に向けておき，読み出しを行う場合，すなわち$\overline{RD}$がアクティブになった場合にのみ，逆方向に転換するという方法をとります．また，バッファのイネーブル端子には，アドレス・デコーダの出力を入力して，所定のアドレスに対してアクセスされた場合にのみ，バッファが動作するようにします．

8255AはNMOSのLSIですから，入力端子(A_0，A_1，$\overline{RD}$，$\overline{WR}$など)の直流的な入力電流はごくわずかです．

〈図4-1〉設計例2の全回路

しかし，入力容量は比較的大きく，本設計例のように4個も並列に接続する場合にはやはりバッファリングを行うのが賢明でしょう．

4-3 タイミング設計の考え方

設計を行う場合のポイントのひとつにタイミング設計がありますが，本設計例の場合はかなり厳しくなります．最大のポイントは，$\overline{RD}$および$\overline{WR}$のパルス幅が8255Aの規定値を満たすかどうかです．$\overline{RD}$，$\overline{WR}$の規定値は，高速タイプの8255A-5の場合でも，どちらも最小300ns必要です．スロット・バスのIOR_0（すなわち$\overline{RD}$）のパルス幅t_{IRLH}の最小値は次式で求められます．

$$t_{IRLH}=(1+n)\times t_{cy}-t_{CLIRL}+t_{CLIRH}$$

最も厳しくなるVシリーズ8MHzの場合に，

$$3\times125.2-50+0\fallingdotseq326\text{ns}$$

となり，ワースト・ケースでも規定値を満たすことができます．

ところが，IOW_0（すなわち$\overline{WR}$）のパルス幅t_{IWLH}の最小値は，Vシリーズの8MHzで275nsとなり，厳密には規定値を満たさないことになります．したがって，このままの設計ではVシリーズの8MHzでは動作が保証されません．すべての機種およびクロック周波数で動作を保証するためには，さらにウェイトを入れてパルス幅を延ばさなければなりません．

もっとも，上記の最小値は十分マージンをもったうえでの最悪値だと考えられ，また，8255A-5の要求値についてもかなりのマージンが含まれているはずです．したがって，実際問題としてはすべての場合で動作することでしょう．このようにして設計した全体回路を図4-1に示します．

第三章　秋葉澄伸

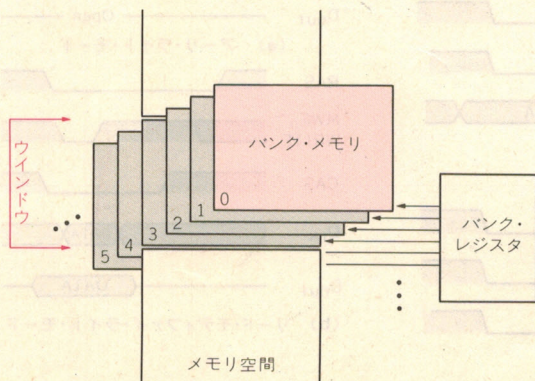
PC9801用1Mバイト・メモリ・ボードの作り方

本章では，PC9801用のメモリ・ボードの作り方およびRAMディスクとしての活用法について解説します．現在では，市販のボードも安く購入できますが，パソコンとのメモリ・インターフェースを知るためには大変役に立ちます．

PC9801シリーズのインターフェース・タイミングの実例として，256KのDRAMを用いたメモリ・カードを設計してみました．最近ではPC9801用のオプション・カードの価格が低下し，ほとんどRAMの値段でインターフェース付きの基板が買えるようになっていますので，コストの点ではあまりメリットはないのですが，標準的なバス・インターフェースとメモリ・サイクルの実際を知る点で意味があると思います．

1 PC9801用1MバイトDRAMボードの設計

PC9801用の1MバイトDRAMボードは大体スタイルが固まっています．つまり，PC9801がRAM領域として640Kバイトだけをユーザに開放しているので，それを越える部分については，図1-1に示すようなバンク・スイッチ方式によって，あるウィンドウを通してアクセスする方式です．つまり，簡単なMMU(メモリ管理機構)をボード内に埋め込むわけです．

市販されているメモリ・ボードも大体これと同じ方法で，640Kバイトを越えるRAMボードをアクセスします．こうするとプログラム中で640Kバイトを越える領域をアクセスする場合に，いちいちバンク切り替え(I/O命令になる)を行わなければならず不便なのですが，現在のPC9801の使われ方では640Kバイト以上を必要とするアプリケーションはそう多くはなく，むしろ高速のディスクの替わりに余ったメモリの領域を使用すること(RAMディスク)が多いので，このような方式でも十分実用になっています．

〈図1-1〉 バンク・スイッチ方式のメモリ管理

ここではRAMディスクに対応できるように，アドレス変換機構を組み込むことにします．

1-1　1MバイトDRAMボードの仕様

DRAMを使用するメモリ・ボードの主眼点は以下のようになります．

① 要求されるアクセス・タイム(t_{acc})を満足できるか？
② 最短のメモリ・サイクル(t_{cy})を満足できるか？
③ リフレッシュ・タイミングはCPUから与えられるか，それはスペックを満たすか？
④ エラー対策を組み込むか？
⑤ インターフェース・ラインのファンアウト/ファンインは大丈夫か？

PC9801シリーズの内部は8086-2と8288の標準CPUインターフェースですから，これらについて8086-2，8288のカタログから必要な値を取りだして，必要なパラメータを計算してみます．

1-2　リード・モードのタイミング

まず，アクセス・タイムですが，READモードのクリティカルなタイミングは，$\overline{RAS}/\overline{CAS}$のクロックとして使われる$MRC_0$(8288ではMRDC)の立ち下がりからデータのセットアップまでの時間です．

外部ウェイトなしの場合，この時間は8MHzクロックで$3t_{cy}-t_{CLML}-t_{DVCL}$で375－35－20＝320nsとなります．5MHzでは内部ウェイト・サイクルがなくなり，$2t_{cy}-t_{CLML}-t_{DVCL}$で400－35－20＝345nsとなります．

つまり，その他のゲート遅延を0とした場合に320nsのアクセス・タイムが要求されているわけです．実際にはバス・バッファ，$\overline{RAS}/\overline{CAS}$作成のロジック，さらに容量遅延が加わるので，それらの合計をかりに70nsとすれば，t_{acc}＜250nsのRAMであれば使用できることになります．

これは現在の256KのDRAMの実力から見ると随分ゆるい規格です．t_{acc}が100ns程度のDRAMであればウェイトなしでも間に合うはずなのですが，PC9801側で強制的に1ウェイト（8MHzモード時）入ってきますので，これは確認できません．

1-3 ライト・モードのタイミング

同じくWRITEモードについて見ると，MWC_0（8288ではAMWC）のパルス幅がほとんどアクセス・タイムとなりますので，これはREADモードよりさらに緩くなります．

しかし，書き込みを図1-3(a)に示すアーリ・ライト・モードで行おうとすると，データの確定とMWC_0の変化のタイミングがクリティカルなので注意が必要です．

DRAMのアーリ・ライト・モードは，$\overline{CAS}$の立ち下がりの時点で$\overline{WE}$とデータが確定していなければなりません．$\overline{CAS}$は，MWC_0すなわち$\overline{RAS}$を遅延線によって一定時間（100ns）遅らせたものを用いますが，データの確定が$\overline{CAS}$に先行していなければならず，MWC_0のディレイとデータ確定のディレイの差が問題になります．

AMWCは8288がクロックと同期をとって出しますが，AD_0～AD_{15}を8086が出しますのでディレイ・タイムにかなり差があります．AMWCの最大遅延（t_{CLML}）は，最小が10ns，最大が35nsであるのに対し，AD_0～AD_{15}のそれは最大60ns（8086では110ns）となっています．

つまり，8086-2ではMWC_0からAD_0～AD_{15}のセットアップまで最大50ns，8086では100nsとなります．遅延線の精度，安定性さらにゲート遅延のばらつきを考慮すると少し不安です．

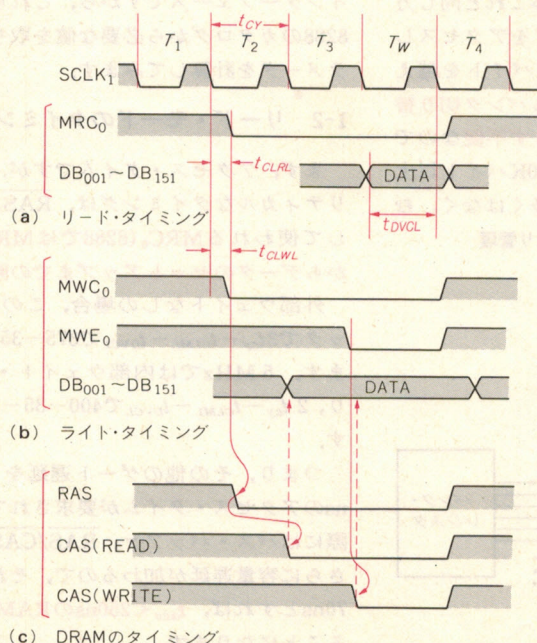
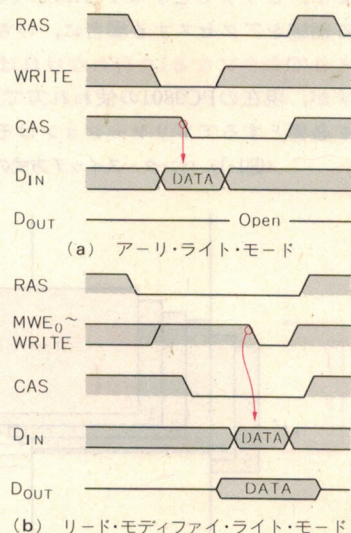
そのためかNEC純正のDRAMボードはアーリ・ライト・モードを用いておらず，MWE_0をDRAMの$\overline{WE}$に接続したリード・モディファイ・ライト・モードを用いた設計となっています．アーリ・ライトを用いてより安全なタイミングを作る方法として，WRITEモードの$\overline{CAS}$をMWE_0から作成する方法が考えられます．

MWE_0はAD_0～AD_{15}よりも明らかに遅く“L”になりますから，クリティカルな遅延時間に頼る必要はありません．当然，$\overline{CAS}$の幅は短くなりますが，MWE_0は最終のサイクルを表していますから，5MHzで200ns，8MHzでは125nsが保証されますので，DRAMの規格（60ns程度）と比べて十分すぎる余裕があります．

サイクルに関しては8086の最短メモリ・サイクルは4 t_{cy}であり，しかも8MHzではウェイトが挿入されますから8MHzでも625nsであり，全く問題はありません．

1-4 リフレッシュ動作について

DRAMでは記憶保持のためのリフレッシュ動作が必要です．PC9801内部にもDRAMが使用されているため，本体部にタイマとDMAコントローラを使ったリフレッシュ回路が内蔵されており，そのタイミングを借用できます．問題となるのは，リフレッシュ・アドレスの幅とサイクルです．PC9801も内部にDRAM

〈図1-2〉メモリ・アクセスのタイミング図

〈図1-3〉DRAMの二つの書き込み方式

を使用していますし，バスを調べるとリフレッシュ・アドレスはAB_{001}からAB_{081}の８本出ています．

リフレッシュ間隔は，VMで約16μsに一つのロウ・アドレスがセレクトされていますから，256K DRAMの256リフレッシュ・サイクル/４msを満足できます．

外部メモリ・ボードに対してリフレッシュ・ボードであることを示す$RFSH_0$が拡張バスに出ていますので，これを用いてRASオンリ・リフレッシュ・サイクルのタイミングを作成すればよいでしょう．

1-5　アドレス空間の割り当て

PC9801シリーズのRAM用のメモリ空間は640Kバイトしかありませんし，本体に実装されているRAMの容量も図1-4に示すように機種によって異なります．このため，本DRAMボードでは，なるべくいろいろな機種とメモリ構成に対応できるように１Mバイトのアドレス空間の割り当てを考えます．

対応可能な構成は，すでに実装されているRAM容量が128Kバイト，256Kバイト，384Kバイト，512Kバイトで，しかも８００００ｈ番地から９ＦＦＦＦｈ番地までの128KバイトにRAMが実装されていない場合です．このときに，未実装のメモリ空間にRAMを実装し，余ったメモリは８００００ｈ番地から９ＦＦＦＦｈ番地に128Kバイト単位で切り替えてマッピングできます(図1-5)．

さらに同じボードを２枚，３枚，４枚と追加することにより，それらのメモリをすべて８００００ｈ番地からの128Kバイトにマッピングできるようになっています．

RAMボード上の１Mバイトのアドレス空間は，128Kバイト単位で８バンクに分割されます．このバンクをI/O空間にある８ビットのバンク・レジスタの値によって切り替え，８００００ｈ番地からの128Kバイトにマッピングします．

また，２００００ｈ番地から７ＦＦＦＦｈ番地の間のRAM未実装の空間に拡張RAMとして固定して割り当てるために，PC9801のメモリ空間を128Kバイト単位にデコードし，バンク・レジスタとは別に，RAMボードの上位から128Kバイト単位でRAM空間に割り当てられるようになっています．

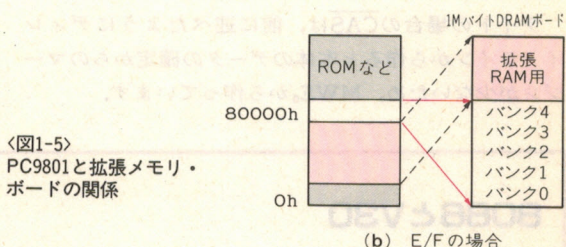
拡張RAMとしての固定の割り当てアドレスは，回路図のジャンパJ_1，J_2，J_3により制御され，

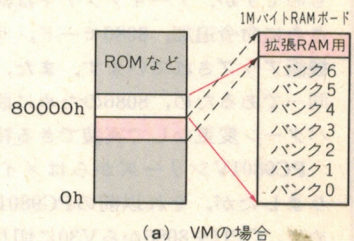
▶J_1によりバンク７を６００００ｈ番地からの128Kバイト

▶J_2によりバンク６を４００００ｈ番地からの128Kバイト

▶J_3によりバンク５を２００００ｈ番地からの128Kバイト

のように，それぞれ割り当てることができます．

バンク・レジスタは回路図上ではI/O空間のＥＣｈ番地にありますが，偶数アドレスであれば容易に変更可能です．バンク・レジスタはリセット後にゼロになっていますので，ジャンパJ_4がショートしていればバンク０が８００００ｈ番地からの128Kバイトに見え

〈図1-5〉PC9801と拡張メモリ・ボードの関係

〈図1-4〉PC9801シリーズのメモリ空間と実装量の違い

〈図1-6〉２枚のボードを使用する場合のバンク割り当て

ています．

ボードを１枚のみ使用する場合はJ_4をショートし，必要に応じてJ_1，J_2，J_3をショートします．複数のボードを使用する場合は，１枚目はJ_4を，２枚目はJ_5を，３枚目はJ_6をそれぞれショートします．

図1-6に示すように，この状態では１枚あたり８バンクずつ，１枚目はバンク０からバンク７，２枚目はバンク８からバンク15という順序になり，バンク・レジスタに書き込む値で対応するボードのバンクが割り当てられます．拡張RAMとして固定で使用する部分は，一番最後のボードのJ_1，J_2，J_3により割り当てられることでバンクの連続性が保たれます．この場合，他のボードのJ_1，J_2，J_3はオープンにする必要があります．

1-6　タイミング設計

タイミングはMRC_0，MWC_0，MWE_0から作ります．MRC_0とMWC_0から$\overline{RAS}$を作り，$\overline{RAS}$をディレイ・ラインで遅らせてアドレス・マルチプレクスの切り替え，さらにリードのときの$\overline{CAS}$を作ります．

ライトの場合の$\overline{CAS}$は，前に述べたようにディレイ・ラインから作ると本体のデータの確定からのマージンが少ないため，MWE_0から作っています．

この場合，$\overline{CAS}$はリードと同じにして，$\overline{WE}$をMWE_0から作り，リード・モディファイ・ライト・サイクルで動作させれば，PC9801本体のDRAMとほぼ同じ動きになるでしょうが，アーリ・ライトのほうがDRAMまわりの配線の引き回しが容易になり，データ・バッファも簡単化できるので，ここではアーリ・ライトを使用しています．

リフレッシュは，本体から得られる$RFSH_0$に合わせて$\overline{RAS}$を作っています．たいていのDRAMの設計ではリフレッシュが最も重要な問題となりますが，PC9801シリーズでは本体に依存する限り問題は起きません．

２ハードウェアの設計

以上を考慮して設計したDRAMボードの全回路図を図2-1に示します．次に，このボードの各部について説明します．

2-1　アドレスのデコード

PC9801のアドレス・バスのAB_{171}，AB_{181}，AB_{191}の３本をデコードすると，そのアドレス空間との対応は図2-2のようになります．LS138のY_4がセレクトされ

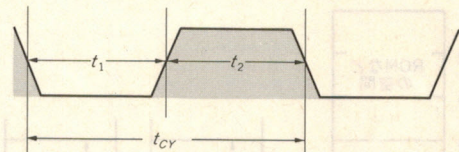
8086とV30

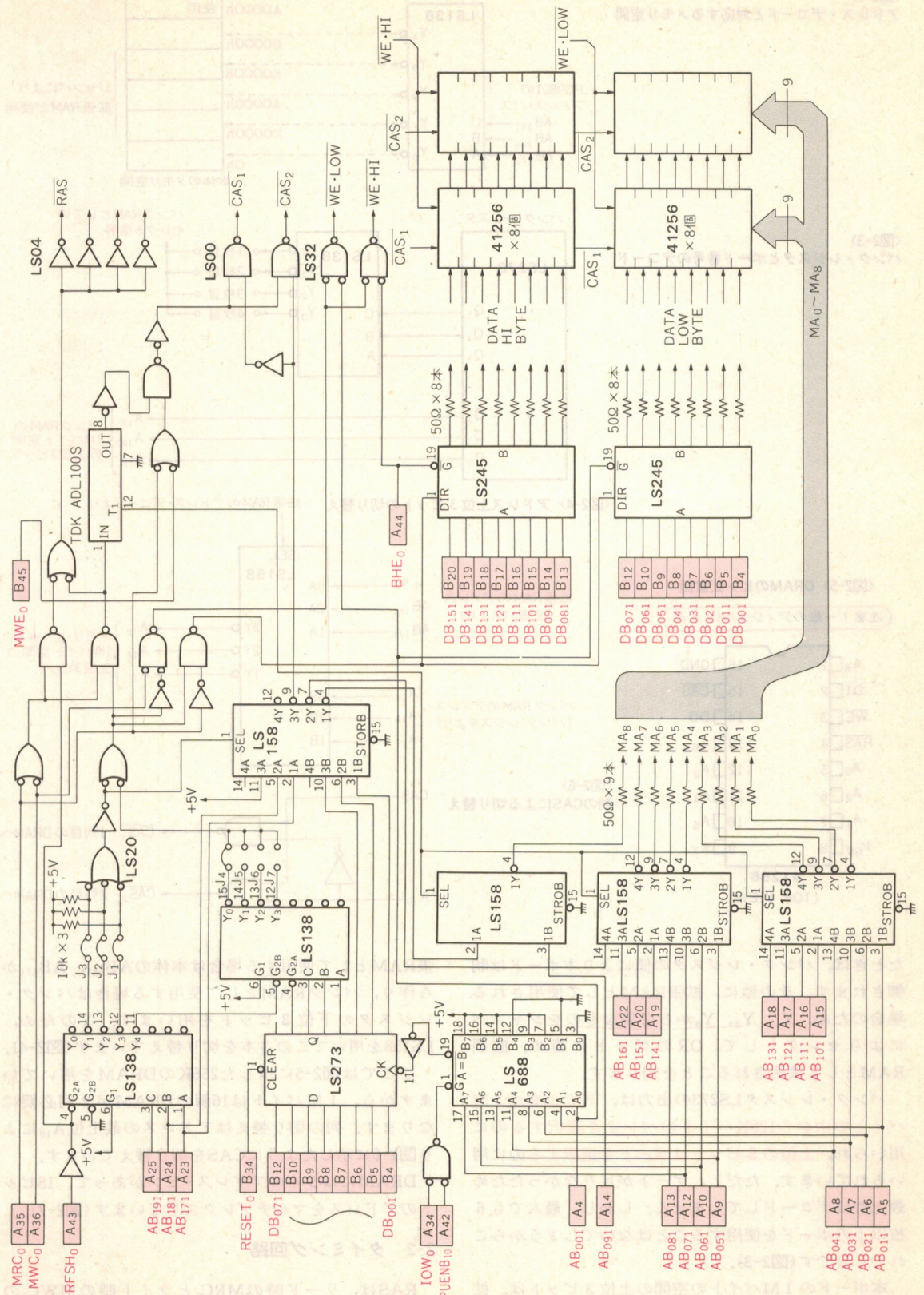
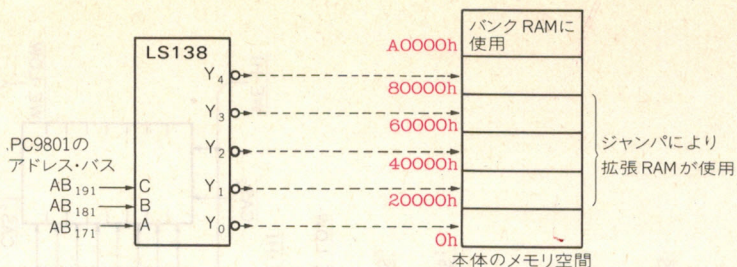
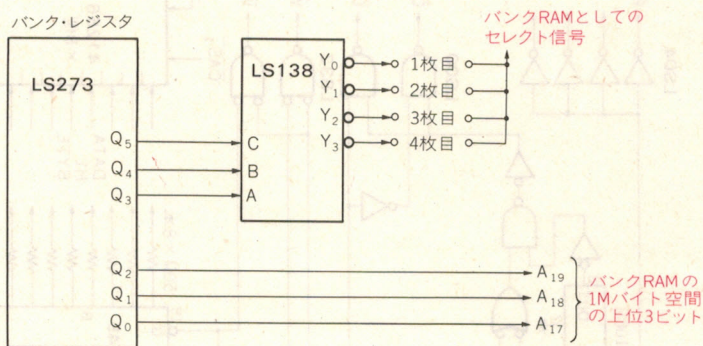
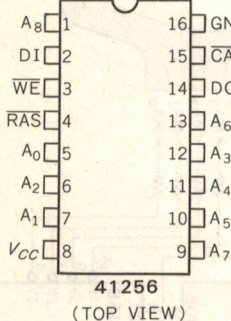
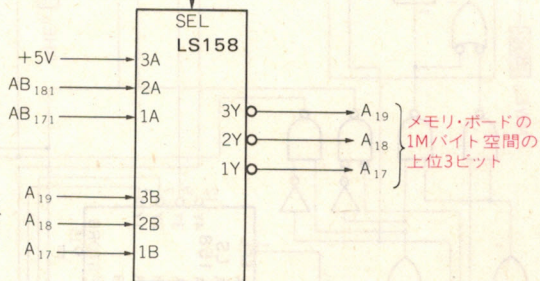
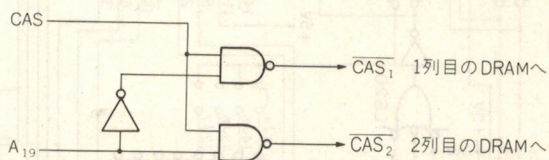
V30は日本電気が独自路線のCPUとして開発したものですが，アーキテクチャは8086を踏襲しており，さらに命令追加，8080モード，サイクルの短縮など機能アップされています．また，ピン配置が8086と同一であるため，8086のために設計された基板に，パターン変更なしで実装できる特徴をもっています．

PC9801Vシリーズからはメイン CPUがV30になりましたが，それ以前のPC9801の機能アップのために，CPUを8086からV30に切り替えたいという要求があります．基本的にプラグ・コンパチブルなので，PC9801のCPUソケットから8086を抜き，V30を差し込めばよいのですが，V30のAC特性が一部8086-2と異なるので注意が必要です．

決定的な差は，クロックのデューティ比が8086では１：２なのに対し，V30は１：１だという点です（図A参照）．つまり，8086-2に８MHzクロックが8284Aから供給されている場合，その高レベル時間（$t_2$min）は（125/3＋２）ns，すなわち43nsなのですが，V30（８MHz）の$t_2$minは50nsです．５MHz動作時の8284Aからのt_2は68nsありますから，５MHzで動作させるという条件付きならばV30に差し換えても問題はありません．

しかし，V30には10MHz版があります．その資料は入手していないので厳密な判断はできませんが，おそらく$t_2$minは40ns程度でしょうから，それならば多分スペックをクリアできるものと思います．このt_2のスペックは，あくまで最悪値ですから，実際には８MHzのPC9801E/FにV30の８MHz版を差しても大体は動作します．しかし，悪条件下，例えば高温，電源不安定といった条件の元では動作を保証できません．

〈図A〉V30のクロック規格と8284Aの規格

項目	V30（8MHz）	8284A（8MHz）	8284A（5MHz）
t_{cy}	125 ns	125 ns	200 ns
t_1（min）	60 ns	83 ns	133 ns$\left(\frac{2}{3}t_{cy}-15\text{ns}\right)$
t_2（min）	50 ns	43 ns	68 ns$\left(\frac{1}{3}t_{cy}+2\text{ns}\right)$

〈図2-1〉 1 MバイトDRAMボードの全回路

たときは，バンク・レジスタの値により本ボードは制御されます．その他に，拡張RAMとして使用される場合のため，Y_1，Y_2，Y_3から必要なものをジャンパによりセレクトして，ORのゲートに集め，拡張RAMとして使用されることを知ります．

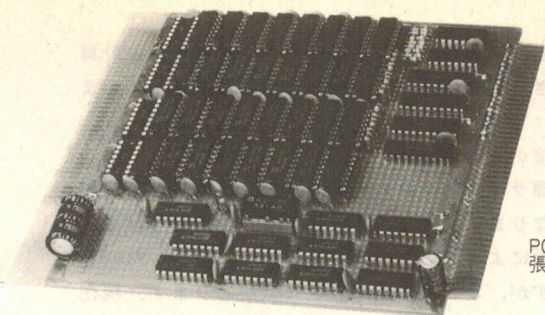
バンク・レジスタLS273の出力は，下位３本が１Mバイトの中から128Kバイトのバンクを選択するのに用いられ，上位の５ビットはボードを選択するのに用いられています．ただし，ゲートが足りなかったため最上位はデコードしていません．しかし，最大でも６枚以上のボードを使用することはないでしょうからこれで十分です(図2-3)．

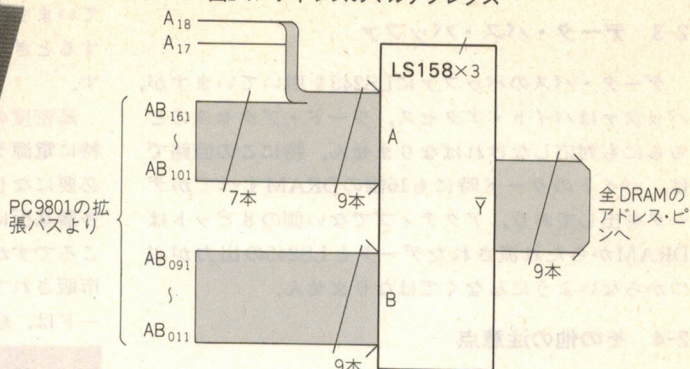
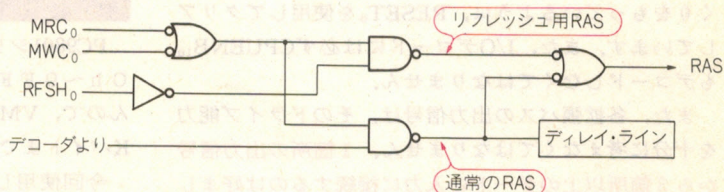
本ボードの１Mバイトの空間の上位３ビットは，拡張RAMとして使用する場合は本体のAB_{181}，AB_{171}から作り，バンクRAMとして使用する場合はバンク・レジスタの下位３ビットを用います．このため，LS158を用いてこの３本を切り替えています(図2-4)．

ここでは図2-5に示した256KのDRAMを用いていますから，１Mバイトは16個のDRAMが２列必要になります．列の切り替えはアドレスの最上位A_{19}により図2-6に示したようにCASを切り替えています．

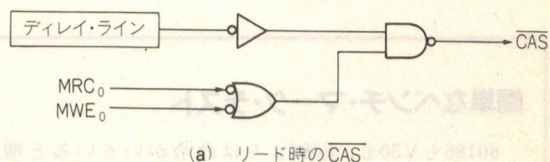
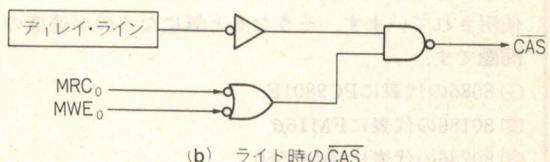
DRAMには９本のアドレス・ピンがあって，18ビットのアドレスをマルチプレクスしています(図2-7)．

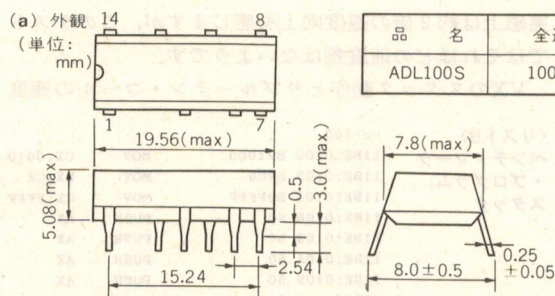
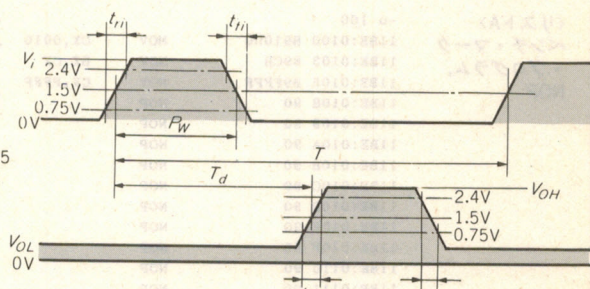
2-2 タイミング回路

RASは，リード時のMRC_0とライト時のMWC_0の

〈写真2-1〉製作した1MバイトDRAMボード

〈図2-7〉アドレスのマルチプレクス

〈図2-8〉RAS発生回路

ORを用います．ただし，メモリ・リフレッシュのために$RFSH_0$ともORをとります(図2-8)．$\overline{RAS}$はたくさんのDRAMに接続されますので，LS04を4個用いて8個ずつのDRAMの$\overline{RAS}$に接続します．

CASは，リード時にはディレイ・ラインを用いて出力を遅らせますが，ライト時はMWE_0のライト・ストローブを用いています(図2-9)．このため，ライト時にも十分なタイミングの余裕があります．$\overline{CAS}$はA_{19}を用いて2列のDRAMに切り替えを行っています．ここで使用したディレイ・ラインの仕様を図2-10に示します．

〈図2-9〉$\overline{CAS}$発生回路

(a) リード時の$\overline{CAS}$

(b) ライト時の$\overline{CAS}$

〈図2-10〉ADL100S〔TDK(株)〕の仕様

品名	全遅延時間	タップ間遅延時間	立ち上がり時間
ADL100S	100ns±5%	20±3ns	4ns(max)

V_i：入力電圧
T_d：遅延時間
P_W：パルス幅
t_{ri}：入力パルス立ち上がり時間
t_{fi}：入力パルス立ち下がり時間
t_{ro}：出力パルス立ち上がり時間
t_{fo}：出力パルス立ち下がり時間
V_{OL}：出力"L"レベル電圧
V_{OH}：出力"H"レベル電圧

2-3　データ・バス・バッファ

データ・バスのバッファにLS245を用いていますが，バッファはバイト・アクセス，ワード・アクセスのどちらにも対応しなければなりません．特にこの回路では，バイトのリード時にも16個のDRAMすべてがデータを出しており，アクティブでない側の８ビットはDRAMからたれ流されたデータとLS245の出力がぶつからないようにしなくてはなりません．

2-4　その他の注意点

バンク・レジスタのLS273は本体リセット時に正しく０をもっているように，$RESET_0$を使用してクリアしています．また，I/Oデコードには必ず$CPUENB_{10}$もデコードしなくてはなりません．

また，各拡張バスの出力信号は，そのドライブ能力を十分に考えなくてはなりません．１箇所の出力信号から３箇所以上のゲートの入力に接続するのは好ましくなくて２個程度に抑えておくべきです．ただし，本回路ではAB_{001}とMRC_0が３箇所のゲートへ接続されています．しかし，これらの信号のファンインを計算するとぎりぎり拡張バスの能力の中におさまっています．

高密度のDRAMの実装はかなりクリティカルで，特に電源ラインとグラウンドの配線には十分な配慮が必要になります．プリント基板を起こす場合などは，多層基板によってグラウンド・プレーンを回したいところですが，コストの点で大きな難があります．現在市販されている１Mバイト，２MバイトのDRAMボードは，経験的に安定なパターンを得ているようです．

3　1MバイトDRAMボード用デバイス・ドライバの作成

PC9801シリーズのRAMのメモリ空間は，００００0ｈ～９ＦＦＦＦｈまでの640Kバイトしかありませんので，VMの場合で256Kバイト，E/Fの場合で512Kバイトまでしかは RAMの拡張はできません．

今回使用した１MバイトDRAMボードは，残ったRAMをI/Oポートにあるバンク・レジスタによって，メモリ空間の８００００ｈ番地から９ＦＦＦＦｈ番地

簡単なベンチ・マーク・テスト

80186もV30も，8086よりは命令がいろいろと増加していますが，実際にはほとんど8086のコードで使用されています．そうなると気になるのが速度の問題です．

① 8086の代表にPC9801F
② 80186の代表にFM16β
③ 80286の代表にIBM5560

V30は，PC9801VMとPC9801FにV30を乗せたものを用意して速度比較をしてみました．ただし，各システムによってメモリ・タイミングが違うでしょうし，割り込みは禁止して測定しましたが，単純に比較はできません．しかし，相対的にでもなるべく目安となるように，NOPのループも測定しました．

その結果を表Aに示します．また，その測定プログラムをリストA～リストDに示します．

NOPの速度差を見ると，NOPの基本マシン・サイクルはどのCPUも同じですから，メモリ・システムの速度差がわかります．FやVMの８MHzは７秒台の値となっており，クロック速度が影響しているのがわかります．VXの80286モードでは内部RAMのウェイト数が特に少なくなっており，８MHzのクロックながら高速な動作をしています．

V30の10MHzと80286の８MHzを使用比較すると，実感上は約２倍の速度向上を感じますが，このテストではそれほどの速度差はないようです．

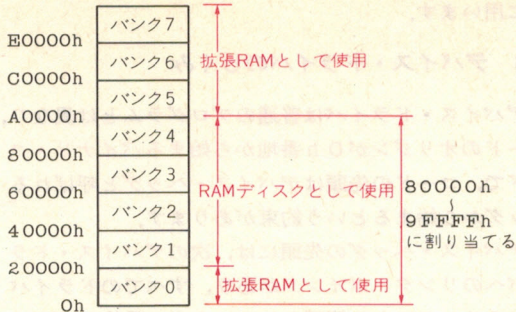
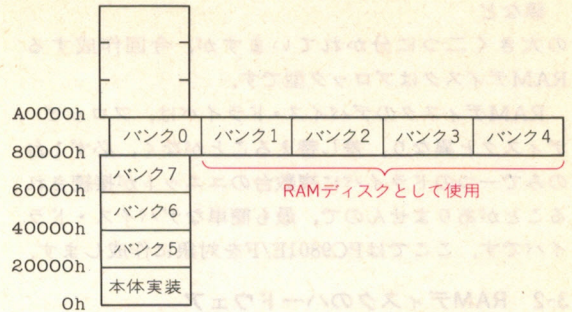
VXのスタック動作とサブルーチン・コールの速度

〈リストA〉ベンチ・マーク・プログラム，NOP

```
-u 100
11BE:0100 B91000        MOV     CX,0010
11BE:0103 89CB          MOV     BX,CX
11BE:0105 B9FFFF        MOV     CX,FFFF
11BE:0108 90            NOP
11BE:0109 90            NOP
11BE:010A 90            NOP
11BE:010B 90            NOP
11BE:010C 90            NOP
11BE:010D 90            NOP
11BE:010E 90            NOP
11BE:010F 90            NOP
11BE:0110 90            NOP
11BE:0111 90            NOP
11BE:0112 E2F4          LOOP    0108
11BE:0114 89D9          MOV     CX,BX
11BE:0116 E2EB          LOOP    0103
11BE:0118 90            NOP
```

〈リストB〉ベンチ・マーク・プログラム，スタック

```
-u 100
11BE:0100 B91000        MOV     CX,0010
11BE:0103 89CB          MOV     BX,CX
11BE:0105 B9FFFF        MOV     CX,FFFF
11BE:0108 50            PUSH    AX
11BE:0109 50            PUSH    AX
11BE:010A 50            PUSH    AX
11BE:010B 50            PUSH    AX
11BE:010C 50            PUSH    AX
11BE:010D 58            POP     AX
11BE:010E 58            POP     AX
11BE:010F 58            POP     AX
11BE:0110 58            POP     AX
11BE:0111 58            POP     AX
11BE:0112 E2F4          LOOP    0108
11BE:0114 89D9          MOV     CX,BX
11BE:0116 E2EB          LOOP    0103
11BE:0118 90            NOP
```

〈図3-1〉 メモリ・バンクの割り当て

(a) 1Mバイト RAMボード空間

(b) PC9801のメモリ空間

に128Kバイト単位で切り替えて使用することが可能になっています(図3-1)．このバンクRAMを使用する，MS-DOSのRAMディスクのドライバを作成します．

3-1 MS-DOSとデバイス・ドライバ

MS-DOSには，ＭＳＤＯＳ．ＳＹＳというDOS本体と，各ハードウェアを制御するＩＯ．ＳＹＳという標準デバイス・ドライバがあります．さらに新たなハードウェアの制御を行いたい場合には，新たにデバイス・ドライバを作成し，ＣＯＮＦＩＧ．ＳＹＳの中に登録しておくことで，容易にデバイス・ドライバの追加が可能となっています．

MS-DOSのデバイスには，

①ブロック型：フロッピ・ディスク，ハード・ディスク，RAMディスクなど

②キャラクタ型：コンソール，プリンタ，シリアル回

が他と比較して遅いのは，スタック・ポインタのあったメモリ空間のウェイト数が大きかったためのようです．VXの内蔵RAMは，０ウェイトの部分と１ウェイトの部分があるようです．内蔵のROMはすべて０ウェイトですが，拡張RAMは４ウェイト，I/O空間は３ウェイトが挿入されています．高速な動作が必要な場合は実行するメモリのアドレスも考えなければならないかもしれません．

V30は，8086に比べて乗除算で速くなっています．PC9801FにV30を差したものは，PC9801VMよりも速い部分があります．これは確かにメモリ・アクセスを伴う処理はFのほうが速くなります．メモリ・リフレッシュがVMになって，75%ほど増加したのが原因と思われます．

〈表A〉 ベンチ・マーク・テスト結果

(単位：秒)

		NOP	スタック	加乗除算	コール
PC9801F(8086)	8MHz	7.8	17.8	41.0	22.3
PC9801F(V30)	8MHz	7.0	17.6	12.2	19.9
PC9801VM(V30)	8MHz	7.0	18.6	12.2	21.0
FM16β(80186)	8MHz	6.3	13.7	14.0	15.9
IBM5560(80286)	8MHz	5.7	9.0	8.8	13.6
PC9801VM(V30)	10MHz	5.6	14.8	10.0	16.7
VX(286)	8MHz	5.5	9.8	8.2	12.6
VX(V30)	10MHz	5.6	20.7	10.0	20.2

〈リストC〉 ベンチ・マーク・プログラム，加乗除算

```
-u 100
11BE:0100 B91000        MOV     CX,0010
11BE:0103 89CB          MOV     BX,CX
11BE:0105 B9FFFF        MOV     CX,FFFF
11BE:0108 89C8          MOV     AX,CX
11BE:010A 01D8          ADD     AX,BX
11BE:010C F7E1          MUL     CX
11BE:010E 31D2          XOR     DX,DX
11BE:0110 F7F1          DIV     CX
11BE:0112 E2F4          LOOP    0108
11BE:0114 89D9          MOV     CX,BX
11BE:0116 E2EB          LOOP    0103
11BE:0118 90            NOP
```

〈リストD〉 ベンチ・マーク・プログラム，コール

```
-u 100
11BE:0100 B91000        MOV     CX,0010
11BE:0103 89CB          MOV     BX,CX
11BE:0105 B9FFFF        MOV     CX,FFFF
11BE:0108 E8F500        CALL    0200
11BE:010B E8F200        CALL    0200
11BE:010E E8EF00        CALL    0200
11BE:0111 90            NOP
11BE:0112 E2F4          LOOP    0108
11BE:0114 89D9          MOV     CX,BX
11BE:0116 E2EB          LOOP    0103
11BE:0118 90            NOP
```

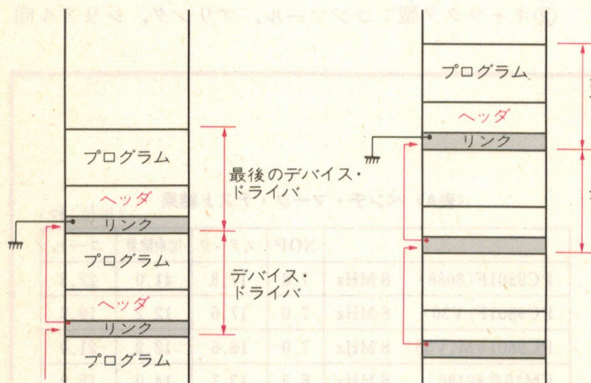
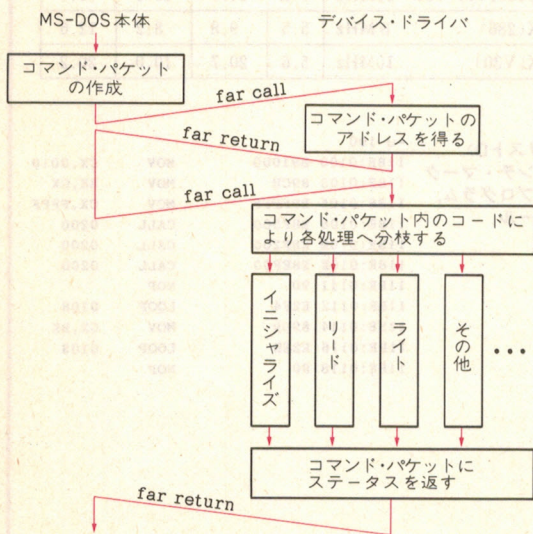
線など

の大きく二つに分かれていますが，今回作成するRAMディスクはブロック型です．

RAMディスクのデバイス・ドライバは，フロッピ・ディスクと異なり，差し替えることがなく，必ず1台のみで一つのドライバに複数台のユニットが接続されることがありませんので，最も簡単なデバイス・ドライバです．ここではPC9801E/Fを対象に作成します．

3-2 RAMディスクのハードウェア

1MバイトのRAMボードは，128Kバイト単位で8枚のバンクに分けられ，下位よりバンク0からバンク7となります．このうち２００００ｈ番地から７ＦＦＦＦｈ番地の384Kバイトで，バンク5からバンク7までが本体のRAM空間の拡張RAMとなります．８００００ｈ番地から９ＦＦＦＦｈ番地までの128Kバイトは，通常はバンク0を拡張RAMとして使用し，バンク1からバンク4までの512KバイトをRAMディスクに用います．

〈図3-2〉デバイス・ドライバの追加

〈図3-3〉デバイス・ドライバの処理

3-3 デバイス・ドライバのしくみ

デバイス・ドライバは普通のプログラムとは異なり，コードのオリジンが０ｈ番地から始まるバイナリ・コードで，コードの先頭はデバイス・ヘッダと呼ばれるヘッダから始まるという約束があります．

デバイス・ヘッダの先頭には，次のデバイス・ドライバへのリンク・ポインタがあり，すべてのドライバはこのリンクにより管理されています．最後のデバイス・ドライバのリンクは－1となり，リンクの最後を表します．(図3-2)

3-4 デバイス・ドライバのエントリ

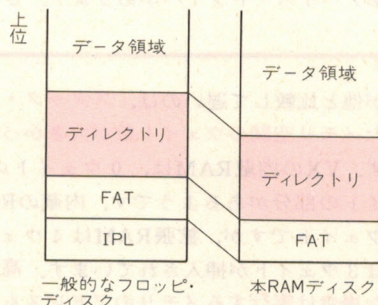
デバイス・ドライバのプログラムのエントリは，

▶ストラテジ・エントリ

▶割り込みエントリ

の2種があり，これらはデバイス・ヘッダ内に書かれ

〈図3-4〉MS-DOSのファイル構造

上位
データ領域
ディレクトリ
FAT
IPL
一般的なフロッピ・ディスク
データ領域
ディレクトリ
FAT
本RAMディスク

〈表3-1〉BPBの例(本RAMディスクの場合)

dw 512	1セクタの大きさ
db 1	ユニットの領域単位とセクタの関係
dw 0	IPLなどのために使用しないセクタ数
db 1	FATの個数
dw 64	ディレクトリのエントリ数
dw 1024	セクタの総数
db 0FEh	メディアのディスクリプタ
dw 2	FATのセクタ数

ています．

ストラテジ・エントリでは，MS-DOS本体よりコマンド・パケットという構造体へのポインタを受けとります．コマンド・パケットには，割り込みエントリにより呼ばれたときに行うコマンドとパラメータが格納されています．

割り込みエントリでは，コマンド・パケット内のコマンド・コードにより，12種類の処理へ分岐します．各処理終了後はコマンド・パケットにステータスなどを返し，MS-DOS本体へもどります(図3-3)．

3-5 BPB(BIOS Parameter Block)

デバイス・ドライバは，内部にあるBPBによってファイル構造を決定します．ここでは，1セクタの大きさ，FAT(File Allocation Table)，ディレクトリの大きさなどを自由に決めることができます．RAMディスクからはブートすることはないので，フロッピなどにあるIPL用の領域もなくすことができます(図3-4)．表3-1にBPBの例を示します．

BPBの内容はRAMディスクの大きさにより変更しなければなりません．表3-1の例では1セクタを512バイトとしていますので，512KバイトをRAMディスクに使用できれば，総セクタ数は1024個となります．FATは一つのセクタを1.5バイトを使って管理しますので，1024個のセクタの管理のためには1.5Kバイトの FATが必要で，そのためFATのセクタ数は3以上になります．

ここでは，1Mバイトまでの拡張を考えてFATに6セクタ＝3Kバイトを取っています．1セクタの大きさを1024バイトとするとセクタ総数は半分になり，FATに使用するセクタの個数も少なくなりますから，RAMディスク空間の有効利用ができます．デバイス・ドライバを自作する場合にはそのような点に注意して，適当なBPBを作成してください．

3-6 プログラムの実際

デバイス・ドライバとして必要なものをまとめると，

①デバイス・ヘッダ：デバイスの種類や二つのエントリ・アドレス

②BPB：ファイルの構造を決めるパラメータ・ブロック

③ストラテジ・エントリ：コマンド・パケットのアドレスを保持する

④割り込みエントリ：内部で12種の処理に分岐し，実際の入出力を行う

以上の二つのデータ・ブロックと二つのプログラムを用意することが必要です(図3-5)．

表3-2のように，コマンド・コード1はRAMディスクにおいてはメディアの変更はできないので，常に“変更なし”をコマンド・パケットに返せばよく，コマンド・コード2はBPBが一種類のみなので，BPBのポインタを返すだけです．本当に必要なのは，コマンド・コード0のFATとディレクトリの初期化，コマンド・コード4と8のメモリ上でのデータの転送のみとなります．

初期化は，I/Oのバンク・レジスタに“1”を書き，

〈図3-5〉
デバイス・ドライバに必要なもの

〈表3-2〉
デバイス・ドライバのコマンド・コード

コマンド・コード	機　能	本RAMディスクの処理
0	イニシャライズ	FATとディレクトリの初期化
1	メディアが変更されたかどうかのチェック	メディアは変更できないので簡単
2	BPBの作成	BPBは一種のみなので簡単
3	IOCTL INPUT	RAMディスクには関係なし
4	INPUT (リード)	バンクRAMからのリード
5	NON-DESTRUCTIV INPUT NO WAIT	ブロック・デバイスには関係なし
6	INPUT STATUS	ブロック・デバイスには関係なし
7	INPUT FLUSH	ブロック・デバイスには関係なし
8	OUTPUT (ライト)	バンクRAMへのライト
9	OUTPUT & VERIFY	8と同一処理で簡略化
10	OUTPUT STATUS	ブロック・デバイスには関係なし
11	OUTPUT FLUSH	ブロック・デバイスには関係なし
12	IOCTL OUTPUT	RAMディスクには関係なし

FATとディレクトリの領域を初期化して，バンク・レジスタに“0”を書き，バンクRAMを元に返します．このルーチンは最初に一度のみ呼ばれ，デバイス・ドライバ組み込み後は使用されませんので，この領域は開放されてしまいますので，最後尾に書かれています．

リードとライトはセクタ番号からバンク番号の計算とオフセット・アドレスの計算だけ行えば，単純なブロック転送です．ただし，サンプルに挙げたプログラム(リスト3-1)は，８００００h番地から９ＦＦＦＦh番地にあるデータについては正常に動作しません．あくまで参考にしてください．

3-7　デバイス・ドライバの登録

RAMディスクのデバイス・ドライバのインプリメントの方法は，

①MASMでアセンブルする
②LINKする……ここでスタック・セグメントがないのでワーニングが出るが無視する
③EXE 2 BINを用いてバイナリ・イメージを作り，名前をｘｘ．ＳＹＳにする．
④ＣＯＮＦＩＧ．ＳＹＳの中に
　ＤＥＶＩＣＥ＝ｘｘ．ＳＹＳ
　と登録する．

これで，次の立ち上げのときからRAMディスクが使用できます．

日本語入力用のフロントエンド・プロセッサや，拡張RAMを用いたキャッシュ・ディスクなど，有効なデバイス・ドライバが多数発表されています．これらはMS-DOSの拡張性のよさによるものだと思います．

◆参考文献◆

(1) 中村浩次：MS-DOSデバイス・ドライバの作成法，インターフェース1985年２月号，pp. 220〜235.
(2) 標準MS-DOSハンドブック，アスキー出版局.

〈リスト3-1〉RAMディスクのプログラム例

```
        name    ramdisk
IO_ADDRESS      equ     0ECh    ;バンクレジスタのアドレス
MEDIA_ID        equ     0FEh

ramdisk_seg     segment public
                assume  cs:ramdisk_seg,ds:ramdisk_seg
;
dev_head:                       ;ディバイスヘッダ
        dd      -1              ; pointer area for device link
        dw      0               ; block device
        dw      strategy        ; pointer to device strategy
        dw      interrupt       ; pointer to device interrupt
        db      1
;
entry_table:    ;割り込みエントリから分岐する１２個の処理
        dw      initialize
        dw      media_check
        dw      build_bpb
        dw      ioctl_input     ; returns error
        dw      input_          ; read
        dw      always_busy
        dw      input_status    ;
        dw      input_flush     ;
        dw      output
        dw      output_verify
        dw      output_status
        dw      output_flush
        dw      ioctl_output
;
com_pak struc                   ;コマンドパケットの構造体
length  db      ?               ; rquest header
unit_no db      ?
command db      ?
status  dw      ?
        db      8 dup(?)
media   db      ?
trans   dd      ?
count   dw      ?
start   dw      ?

com_pak ends
;
bpb_pointer:
        dw      bpb
;
bpb:                            ; bios parameter block
sec_s   dw      512             ;       bytes per sector
        db      1               ;       sectors per allocation unit
        dw      0               ;       resarve sectors
        db      1               ;       number of fats
        dw      128             ;       number of directory entries
        dw      2048            ;       number of sectors
        db      MEDIA_ID        ;       media descriptor byte
        dw      6               ;       sectors per fat
;
strat_p dd      0
;
stratp  proc    far
strategy:
        mov     word ptr cs:[strat_p],bx
        mov     word ptr cs:[strat_p+2],es
        ret
stratp  endp
;
interp  proc    far
interrupt:
        push    ax
        push    bx
        push    cx
        push    dx
        push    si
        push    di
        push    ds
        push    es
        mov     si,offset entry_table
        lds     bx,cs:[strat_p]
        mov     al,[bx.command]
        cmp     al,12
        ja      command_error
        mov     dx,[bx.start]
        mov     cx,[bx.count]
        les     di,[bx.trans]
        xor     ah,ah
        add     si,ax
        add     si,ax
        mov     ax,cs
        mov     ds,ax
        jmp     word ptr[si]
;
command_error:
ioctl_input:
ioctl_output:
        mov     al,3
        mov     ah,010000001b
        jmp     exit1
;
media_check:
        lds     bx,cs:[strat_p]
        mov     word ptr[bx.trans],1    ; not changed
        jmp     exit
;
build_bpb:
        mov     al,0FEh
        lds     bx,[strat_p]
        mov     [bx.media],al
        mov     [bx.count],offset bpb
        mov     [bx.count+2],cs
        jmp     exit
;
input_status:
input_flush:
output_status:
output_flush:
```

〈リスト3-1〉RAMディスクのプログラム例(つづき)

```
        jmp     exit
;
input_:                 ; es:di = destination pointer address
                        ; cx    = number of sector          bpb.start
                        ; dx    = sector number             bpb.count
        cmp     cx,0
        jz      exit
        call    setbank
        mov     ds,ax
        xor     si,si
        cld
        mov     cx,512/2
    rep movsw
        mov     al,0
        out     IO_ADDRESS,al
        pop     cx
        inc     dx
        jmp     input_
always_busy:
        mov     ah,000000011b
        jmp     exit1
;
output:
output_verify:          ; es:di = source address pointer
                        ; cx    = number of sector
                        ; dx    = sector number
        cmp     cx,0
        jz      exit
        push    cx
        mov     ax,es
        mov     ds,ax
        mov     si,di
        call    setbank
        mov     es,ax
        xor     di,di
        cld
        mov     cx,512/2
    rep movsw
        mov     al,0
        out     IO_ADDRESS,al
        mov     ai,si
        mov     ax,ds
        mov     es,ax
        pop     cx
        dec     cx
        inc     dx
        jmp     output
;
subrout proc    near
setbank:
        mov     al,dh
        add     al,1
        out     IO_ADDRESS,al
        mov     ah,0
        mov     al,dl
        mov     al,5
        shl     ax,cl
        add     ax,08000h
        ret
;
subrout endp
;
exit:
        mov     ah,00000001b    ; done
exit1:
        lds     bx,cs:[strat_p]
        mov     [bx.status],ax
        pop     es
        pop     ds
        pop     di
        pop     si
        pop     dx
        pop     cx
        pop     bx
        pop     ax
        ret
interp  endp
;
message db      0Dh,0Ah,'RAMDISK sample program',0Dh,0Ah,'$'
initialize:
        mov     dx,offset message       ; print message
        mov     ah,9
        int     21h
        mov     al,1
        out     IO_ADDRESS,al
        cld
        mov     ax,08000h
        mov     es,ax
        xor     di,di
        mov     al,MEDIA_ID
        stosb
        mov     al,0FFh
        stosb
        stosb
        mov     al,0
        mov     cx,512*6-3+128*32
    rep stosb
        mov     al,0
        out     IO_ADDRESS,al
initend:
        lds     bx,cs:[strat_p]
        mov     byte ptr[bx.media],1    ; number of drive
        mov     [bx.count],offset bpb_pointer
        mov     [bx.count+2],cs
        mov     word ptr[bx.trans],offset message
        mov     word ptr[bx.trans+2],cs
        jmp     exit
;
ramdisk_seg     ends
        end
```

第四章

坂本雄児／塚原英一

PC9801用A-D/D-A変換ボードの作り方

本章では，データ入力装置として必ず必要になるA-D変換ボードおよびパソコンからアナログ信号を出力するために必要なD-A変換ボードの作り方について詳細に解説します．

最近，測定装置をマイクロコンピュータと接続して計測を行ったり，測定装置自身にマイクロコンピュータが組み込まれることが多くなってきました．これらの理由として，まず第一にデータ収集後の各種の処理がマイクロコンピュータで容易に行うことができることが挙げられます．

例えば，データに対する各種の信号処理(ディジタル・フィルタリング，フーリエ変換など)をマイクロコンピュータで行うことができる他，自由にデータを表示することができることや，データの保管がしやすいことなどです．第二にマイクロコンピュータによって自由に測定装置をコントロールすることができ，自動測定が簡単に実現できることです．

最近，マイクロコンピュータの性能が向上したことがこの傾向を促進しています．特に，高速に大量のデータを収集しなければならないような分野にも使用されてきています．PC9801は速度，記憶容量とも比較的優れており，各種の測定装置と組み合わせて使用するのに適しています．ここでは測定装置の基本ともいうべき，A-Dコンバータを PC9801に接続して使用する方法を紹介します．

また，メカトロニクス・コントロールに必要となるD-A変換ボードの例も示します．

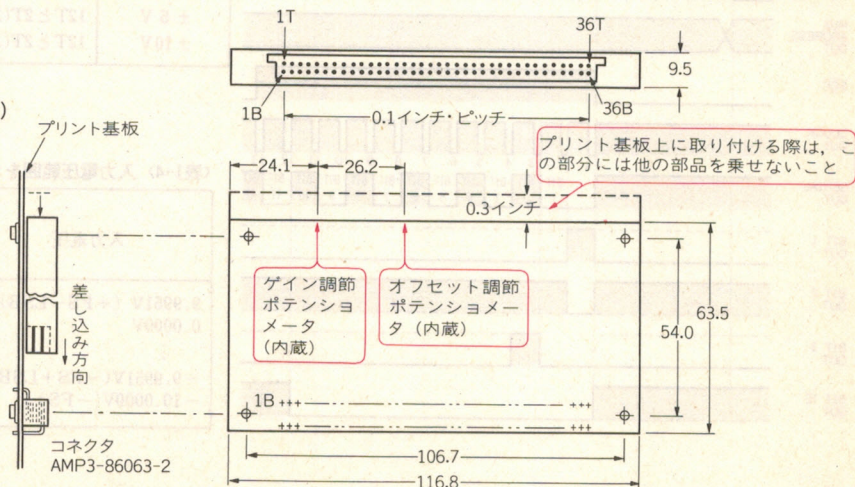
1 PC9801用A-D変換ボードの製作

1-1 A-Dコンバータの選定

近年，A-Dコンバータは高速で高精度，高分解能のものが安価で市販されています．これらの中から目的に応じた性能のものを選ぶ必要があります．ここでは，次に挙げる仕様でA-Dコンバータの選択とシステムの設計をしています．

① ノイズの影響を低減するために，マイクロコンピュータを測定対象の信号源より離すことと，信号源とディジタル回路をアイソレーションする．
② 変換時間；20μs
③ 分解能；12ビット
④ マイクロコンピュータ側からサンプリング・タイムとチャネル数を自由に変えれること．
⑤ サンプリングは外部トリガによって開始されるものとする．

上記の仕様より，A-DコンバータにはMDAS8D(デイテル社)を使用しました．これはA-Dコンバータのモジュールで，アナログ・マルチプレクサや，S/H(サンプル&ホールド)，タイミング発生回路を内蔵して

〈図1-1〉
MDAS8Dの外形寸法(単位：mm)

いる便利なものです．外形寸法を図1-1に示しますが，8チャネルの差動入力で，解像度は12ビット，スループット率は50kHzと，今回の目的とする仕様に適しています．また，出荷時に較正が行われているので，調整の必要がないのが便利です．仕様の主な内容は表1-1に，内部回路図を図1-2に示します．

8チャネルのアナログ入力はマルチプレクサMXD807によって1入力が選択され，ボルテージ・フォロワを通り，SHM-LM2によってサンプリングされます．A-DコンバータADC-HZ12BGCによってディジタル信号に変換されます．変換結果のディジタル出力はパラレルおよびシリアル・アウトが用意されています．

またS/H信号や変換開始信号などは，内部のタイミング発生回路によって作り出されます．マルチプレクサのアドレスは外部よりコントロールすることができる他，ストローブ信号により自動的に内部アドレス・カウンタをインクリメントさせることもできます．マルチプレクサのチャネル・アドレス表を表1-2に示します．

入力電圧の範囲はピンの接続を変えることによって5種類選択することができます(表1-3)．また，入力電圧範囲を±10Vとすると出力コードは表1-4のようになります．

図1-3にA-Dコンバータのタイミング図を示します．外部よりストローブ信号を受けると内部で6μsのパルスを発生し，その間にマルチプレクサの切り替えとS/Hによるサンプリングが行われ，その後A-Dコンバータが変換を開始します．変換には14μsを要し，合計20μsかかることになります．

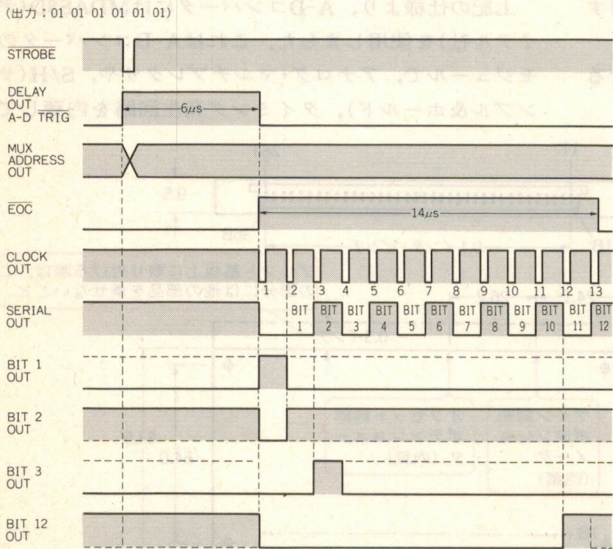
A-Dコンバータの出力はパラレルとシリアル・アウトが用意されていますが，シリアル・アウトは14μsの

〈表1-1〉A-DコンバータMDAS8Dの主要スペック

入力チャネル数	8チャネル差動入力
入力電圧範囲	0～+5V, 0～+10V, ±2.5V, ±5V, ±10V (ピン接続によって選択)
分解能	12ビット(1/4096)
最大誤差 (50kHzサンプル時)	±0.025%×F.S.
スループット率	50kHz
アクイジション時間	6μsec
A-D変換時間	14μsec
供給電源	+15V±0.5V @ 65mA −15V±0.5V @ 60mA +5V±0.25V @ 200mA

〈表1-2〉マルチプレクサのチャネル・アドレス表

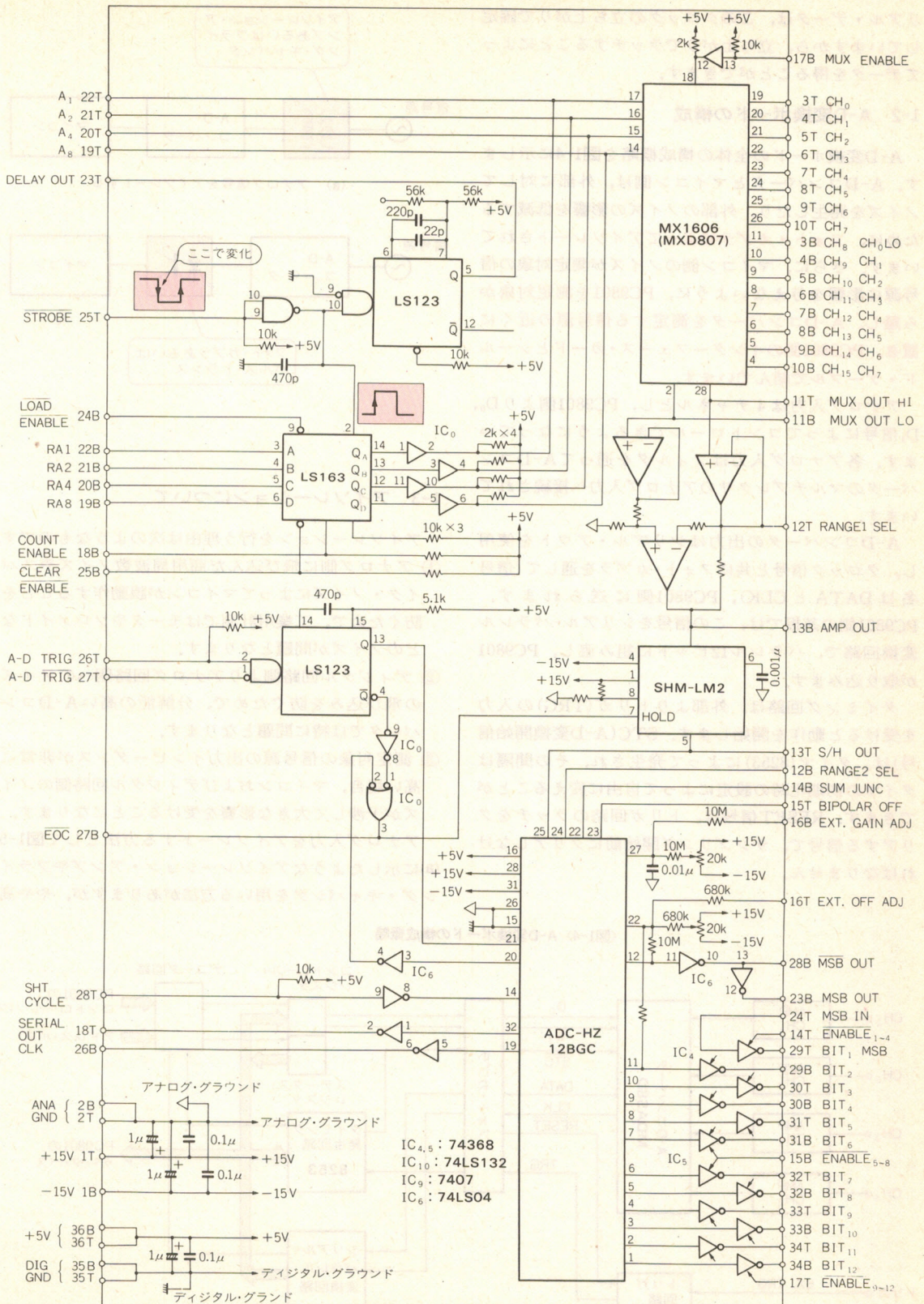
ONチャネル	MUX ENAB.	1	2	4
	(17B)	(22B)	(21B)	(20B)
なし	0	―	―	―
0	1	0	0	0
1	1	1	0	0
2	1	0	1	0
3	1	1	1	0
4	1	0	0	1
5	1	1	0	1
6	1	0	1	1
7	1	1	1	1

〈図1-3〉MDAS8Dのタイミング図

〈表1-3〉入力電圧範囲設定表

入力電圧範囲	接続すべきピン
0～+5V	12Tと13B, 12Bと13T, 15Tと2T(2B)
0～+10V	12Tと2T(2B), 12Bと13T, 15Tと2T(2B)
±2.5V	12Tと13B, 12Bと13T, 15Tと14B
±5V	12Tと2T(2B), 12Bと13T, 15Tと14B
±10V	12Tと2T(2B), 12Bオープン, 15Tと14B

〈表1-4〉入力電圧範囲を±10Vとした場合の出力コード表

入力電圧	出力コード MSB bit1……………… LSB bit12
9.9951V (+FS−LSB)	111111111111
0.0000V	100000000000
⋮	⋮
−9.9951V(−FS+LSB)	000000000001
−10.0000V(−FS)	000000000000

〈図1-2〉 MDAS8Dの内部回路とピン接続

間にMSBより順にクロックと共に出力されます．シリアル・データは，このクロックの立ち上がりで確定していますから，立ち上がりでラッチすることによってデータを得ることができます．

1-2　A-D変換ボードの構成

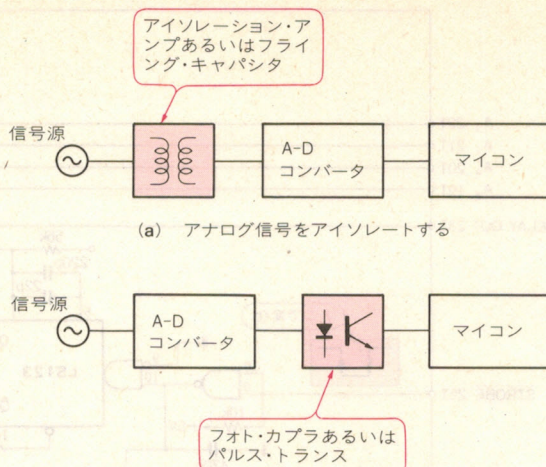
A-D変換ボードの全体の構成概略を図1-4に示します．A-Dコンバータとマイコン側は，外部に対してノイズを発生したり，外部のノイズの影響を低減するために，フォト・カプラによってアイソレートされています．さらに，マイコン側のノイズが測定対象の信号源に影響を与えないように，PC9801を測定対象から離し，A-Dコンバータを測定する信号源の近くに置き，PC9801側のインターフェース・カードとシールド・ケーブルで結んでいます．

アナログ入力は4チャネルとし，PC9801側よりD_0，D_1信号によってコントロールできるようになっています．各アナログ入力はフィルタを通ってA-Dコンバータのマルチプレクサのアナログ入力へ接続されています．

A-Dコンバータの出力はシリアル・アウトを使用し，クロック信号と共にフォト・カプラを通して（信号名はDATAとCLK），PC9801側に送られます．PC9801側の基板では，この信号をシリアル-パラレル変換回路で，パラレル12ビットに組み直し，PC9801が取り込みます．

タイミング回路は，外部よりトリガ（TRG）の入力を受けると動作を開始します．STC（A-D変換開始信号）は，タイマ（8253）によって発生され，その間隔はタイマの初期化時の設定によって自由に変えることができます．RESET信号は，トリガ回路のラッチをクリアする信号で，サンプリング開始前にクリアしなければなりません．

〈図1-5〉A-Dコンバータのアイソレーション法

(a)　アナログ信号をアイソレートする

1-3　アイソレーションについて

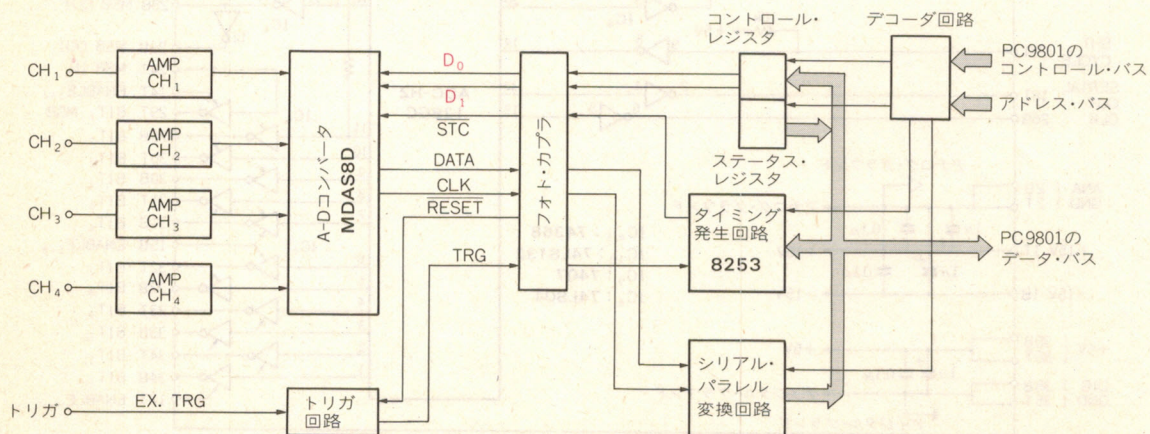
アイソレーションを行う理由は次のようなものです．

① アナログ側に飛び込んだ商用周波数ノイズやスパイク・ノイズによってマイコンが誤動作することを防ぐためで，工業用計測ではモータやソレノイドなどのノイズが問題となります．

② ディジタル回路側よりアナログ回路側へのノイズの飛び込みを防ぐためで，分解能の高いA-Dコンバータでは特に問題となります．

③ 測定対象の信号源の出力インピーダンスが非常に高い場合，マイコンおよびディジタル回路側のノイズが干渉して大きな影響を受けることになります．

アナログ入力をアイソレートする方法として図1-5(a)に示したようなアイソレーション・アンプやフライング・キャパシタを用いる方法がありますが，やや高

〈図1-4〉A-D変換ボードの構成概略

〈図1-6〉 フォト・カプラTLP521-4の特性とピン接続図

（T_a＝25℃）

項目		記号	測定条件	最小	標準	最大	単位
発光側	順電圧	V_F	I_F＝10mA	1.0	1.15	1.3	V
	逆電流	I_R	V_R＝5V	—	—	10	μA
	端子間容量	C_T	V＝0，f＝1MHz	—	30	—	pF
受光側	コレクタ-エミッタ間降伏電圧	$V_{(BR)CEO}$	I_C＝0.5mA	35	—	—	V
	エミッタ-コレクタ間降伏電圧	$V_{(BR)ECO}$	I_E＝0.1mA	5	—	—	V
	暗電流	$I_D(I_{CEO})$	I_F＝0，V_{CE}＝24V	—	10	100	nA
			I_F＝0，V_{CE}＝24V T_a＝85℃	—	2	50	μA
	端子間容量	C_T	V_{CE}＝0，f＝1MHz	—	10	—	pF
伝達特性	変換効率	I_C/I_F(注)	I_F＝5mA，V_{CE}＝5V	50	—	600	%
	コレクタ-エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	I_F＝5mA，I_C＝1mA	—	0.1	0.4	V
	入出力間浮遊容量	C_S	V＝0，f＝1MHz	—	0.8	—	pF
	絶縁抵抗	R_S	$R.H.$＝40～60%，V＝1kV DC	—	10^{11}	—	Ω
	立ち上がり，立ち下がり	t_r，t_f	V_{CE}＝5V，R_L＝100Ω I_C＝2mA	—	6	—	μs

（注）I_C／I_F区分A：50～600，YG：50～300
GB：100～600，Y：50～150，GR：100～300，BL：200～600
（ただし，YG，Y，GR，BLはTLP521-1のみ適用）

〈図1-7〉 フォトIC TLP552の特性とピン接続図

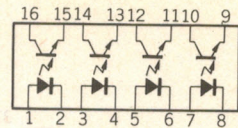
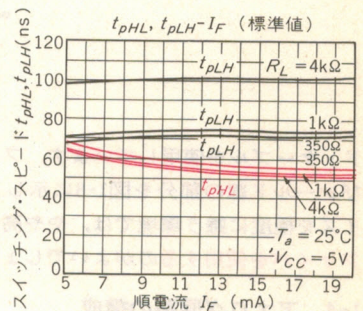
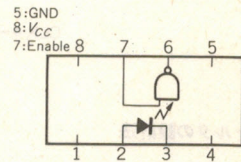
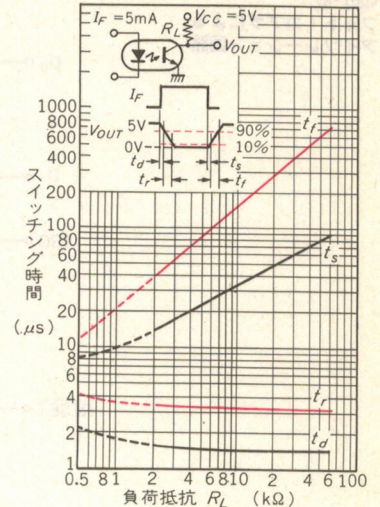
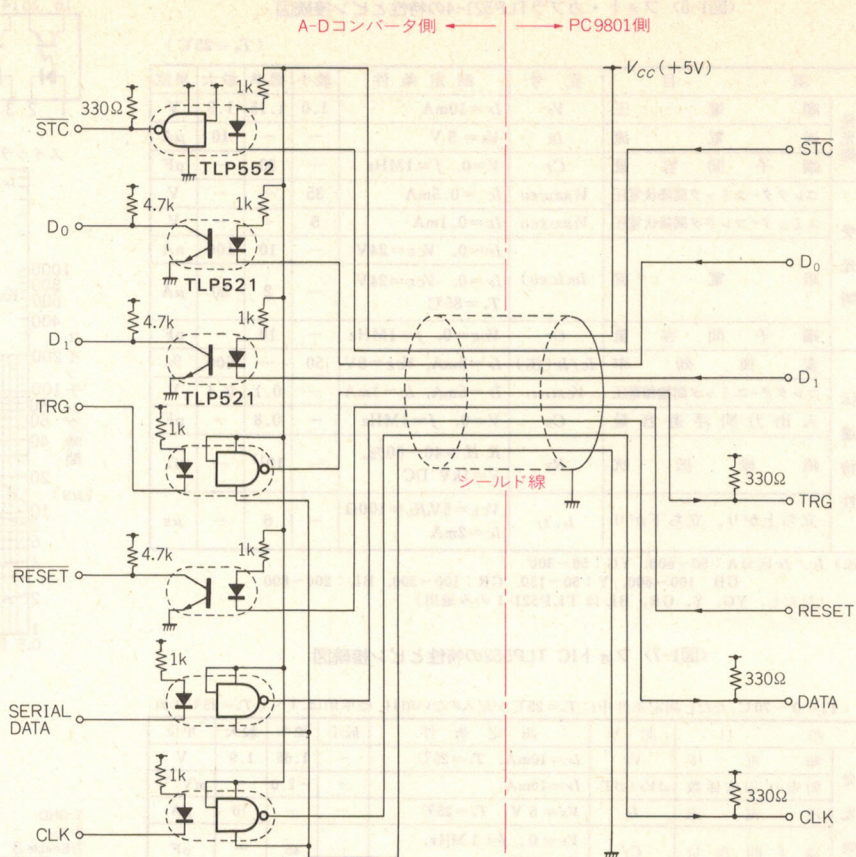
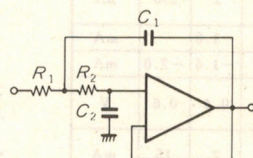
（T_a＝0～70℃，ただし測定条件中にT_a＝25℃が記入のない項目，標準値は，すべてT_a＝25℃の値）

項目		記号	測定条件	最小	標準	最大	単位
発光側	順電圧	V_F	I_F＝10mA，T_a＝25℃	—	1.65	1.9	V
	順電圧温度係数	$\Delta V_F/\Delta T_a$	I_F＝10mA	—	−2.0	—	mV/℃
	逆電流	I_R	V_R＝5V，T_a＝25℃	—	—	10	μA
	端子間容量	C_T	V_F＝0，f＝1MHz，T_a＝25℃	—	45	—	pF
受光側	Hレベル出力電流	I_{OH}	V_{CC}＝V_O＝5.5V I_F＝250μA，V_E＝2.0V	—	1	250	μA
	Hレベル・イネーブル電流	I_{EH}	V_{CC}＝5.5V，V_E＝2.0V	—	−1.0	—	mA
	Lレベル・イネーブル電流	I_{EL}	V_{CC}＝5.5V，V_E＝0.5V	—	−1.6	−2.0	mA
伝達特性	Lレベル出力電圧	V_{OL}	V_{CC}＝5.5V，I_F＝5mA V_{EH}＝2.0V，I_{OL}＝13mA	—	0.4	0.6	V
	Hレベル供給電流	I_{CCH}	V_{CC}＝5.5V，I_F＝0mA，V_E＝0.5V	—	7	15	mA
	Lレベル供給電流	I_{CCL}	V_{CC}＝5.5V，I_F＝10mA，V_E＝0.5V	—	12	18	mA
	変換効率	I_O/I_F	V_{CC}＝5.0V，I_F＝5mA R_L＝100Ω，T_a＝25℃	—	1000	—	%
	入出力間容量	C_S	V＝0，f＝1MHz，T_a＝25℃	—	0.6	—	pF
	絶縁抵抗	R_S	V＝500V，$R.H.$＝40～60% T_a＝25℃	—	10^{12}	—	Ω

価になることと，高い精度を得にくいことがあります．

ディジタル入力をアイソレートする方法として図1-5(b)に示すようなフォト・カプラやパルス・トランスを用いる方法があります．このシステムでは，フォト・カプラを用いてアイソレーションしています．今回のように逐次比較型のA-Dコンバータを使う場合は，A-Dコンバータの出力として，パラレル出力は使用せず，シリアル出力を使用してフォト・カプラの数を減らすようにします．

フォト・カプラでアイソレーションされる信号線のうち，データD_0，D_1，RESETの3本の信号は比較的低速なフォト・カプラで十分で，TLP521-4を使用しています．一方，コンバート開始信号のSTC，出力データDATA，クロックCLK，トリガTRGは1Mビット/sec以上の伝送速度がなくてはなりません．そこで，フォトIC，TLP552を使っています．これは伝搬遅延時間が70μsと高速なものです．これらのフォト・カプラとフォトICの外形を図1-6，図1-7に示します．

これらの7本の線は，外来ノイズの影響を減少させ，かつ外部に対してノイズを放射しないようにシール

〈図1-8〉
フォト・カプラによるアイソレーション回路

〈図1-9〉
ローパス・フィルタの設計法

$$f_C=\frac{1}{2\pi\sqrt{R_1C_1R_2C_2}}$$

$$C_1=\frac{\sqrt{2}(R_1+R_2)}{4\pi fR_1R_2}$$

$$C_2=\frac{\sqrt{2}}{2\pi f(R_1+R_2)}$$

$R=R_1=R_2$で設計すると,

$$f_C=\frac{1}{2\pi R\sqrt{C_1C_2}}$$

$$C_1=\frac{\sqrt{2}}{2\pi f_CR}=\frac{0.22508}{f_CR}\ [\mu]$$

$$C_2=\frac{\sqrt{2}}{4\pi f_CR}=\frac{0.11254}{f_CR}\ [\mu]$$

ド・ケーブルを使用しています．フォト・カプラおよびシールド線の部分を図1-8に示します．さらに，ノイズを極度に嫌う環境では，やや高価になりますが光ファイバを使用するのがよいでしょう．

1-4 アナログ回路の構成

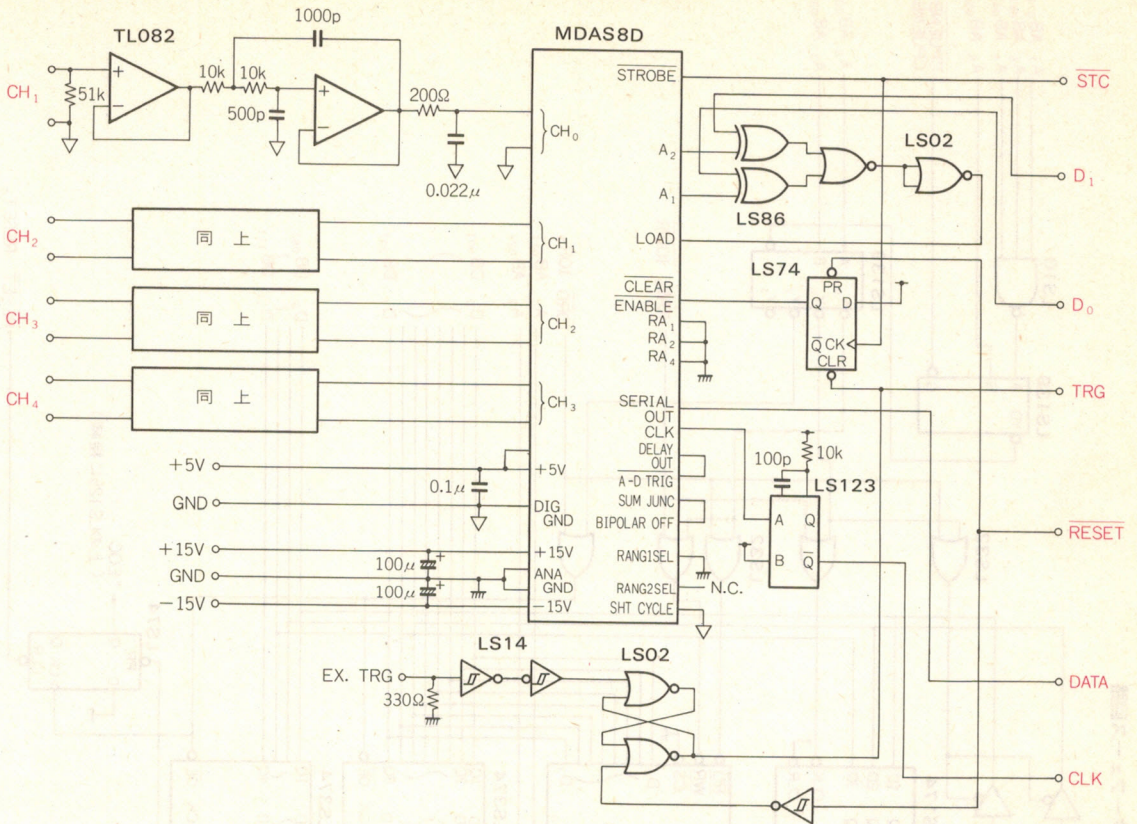
S/H回路にサンプル周波数以上の周波数の信号が入った場合，折り返し雑音やビート・ノイズと呼ばれる雑音が発生します．これを生じないようにするためには，信号の中のサンプリング周波数の1/2(ナイキスト周波数)より高い周波数をカットする必要があります．

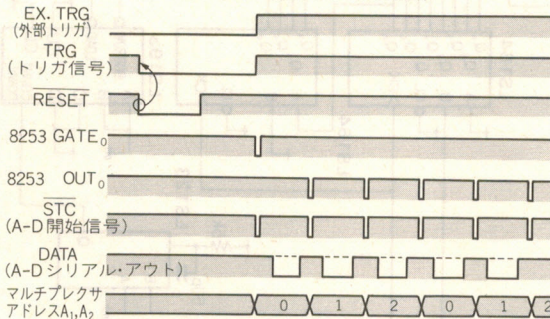
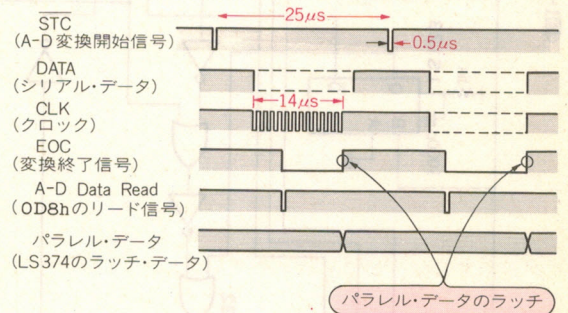
本システムではこの目的のために，カットオフ特性や，位相特性の点からバタワース型フィルタを用いています．図1-9にフィルタ部の回路図とその設計式を示します．本システムは，サンプリング周波数を変えることができますが，最高周波数で使うことを考えて，ここではカットオフ周波数を20kHzとして設計しています．

またノイズの点から，アナログ部とディジタル部の電源とグラウンドの両方を独立させるべきでしょう．ありがたいことに今回使用したA-Dコンバータはアナログ部とディジタル部が独立していますから，周辺の回路も独立した給電回路から給電するようにしています．

1-5 タイミング発生回路

図1-10にA-Dコンバータ側の回路を，図1-11にPC9801側のインターフェース回路を示します．タイミング回路は，図1-12に示したように外部からのトリガ入力(EX. TRG)によって開始されます．この信号は，“H”でアクティブとなり，ラッチを通してTRG信号としてインターフェース・カードに伝えられます．

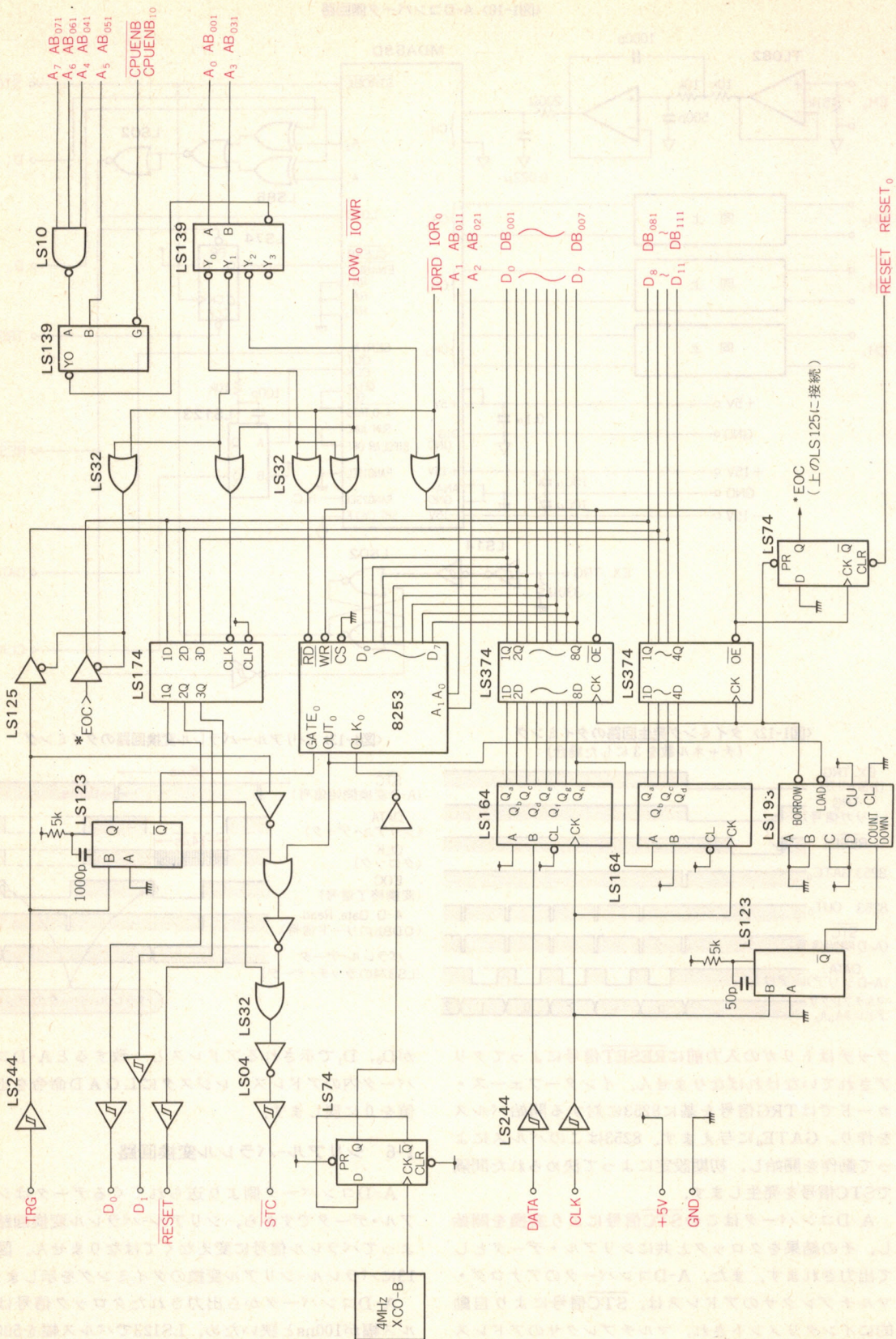
〈図1-10〉A-Dコンバータ側回路

〈図1-12〉タイミング発生回路のタイミング
(チャネル数を3にした場合)

〈図1-13〉シリアル―パラレル変換回路のタイミング

ラッチはトリガの入力前に$\overline{\text{RESET}}$信号によってクリアされていなければなりません．インターフェース・カードではTRG信号を基に8253に対する開始パルスを作り，GATE_0に与えます．8253はこのパルスによって動作を開始し，初期設定によって決められた間隔でSTC信号を発生します．

A-Dコンバータはこの$\overline{\text{STC}}$信号により変換を開始し，その結果をクロックと共にシリアル・データとして出力されます．また，A-Dコンバータのアナログ・マルチプレクサのアドレスは，$\overline{\text{STC}}$信号により自動的にインクリメントされ，マルチプレクサのアドレスがD_0，D_1で示されるアドレスと一致するとA-Dコンバータ内のアドレス・レジスタにＬＯＡＤ命令を出し，値を0に戻します．

1-6 シリアル-パラレル変換回路

A-Dコンバータ側より送られてくるデータはシリアル・データですから，シリアル-パラレル変換回路によってパラレル信号に変えなくてはなりません．図1-13にパラレル-シリアル変換のタイミングを示します．

A-Dコンバータから出力されたクロック信号はパルス幅が100nsと狭いため，LS123でパルス幅を500ns

〈図1-11〉インターフェース回路

に広くして，PC9801側に送られます．インターフェース・カード側では，送られてきたクロック信号の立ち上がりでシリアル・データをサンプリングして，LS164でパラレル・データへと変換します．変換が終了すると，EOC信号が“H”になり，この立ち上がりでパラレル・データがラッチされると共に，ステータス・レジスタのbit 1が“H”になります．

このフラグをPC9801がポーリングしてA-Dコンバータでの変換が終了したかどうか知るわけです．このEOC信号は，データ・ポートから変換されたパラレル・データを読むことによってクリアされます．

1-7 PC9801とのインターフェースとアドレス・デコード

PC9801ではI/OポートのＤＯＨからＤＦＨまでと，ＥＣＨからＦ７Ｈまでがユーザに対して解放されています．後者の部分は最近RAMディスクなどに使われていますので，今回はＤＯＨからＤＦＨを使うことにしました．

本システムで必要とされるポートは，ステータス・レジスタ用の１バイト，コントロール・レジスタ用の１バイト，A-Dコンバータの出力結果のデータ・レジスタ用の２バイト，8253のコントロール用の４バイトです．各I/Oアドレスを表1-5に示しますが，デコードが完全ではないので，各所にゴーストがあることがわかります．

8086は全部で16ビットのI/Oアドレス空間がありますが，ここでは下位の８ビットのみを使っています．マウス・ボードなどのNEC純正のボードではこのＤＯＨからＤＦＨを使っていることがありますから，このようなボードを使っている方は，上位８ビットもデコードしたほうがよいでしょう．その回路を図1-14に示しておきます．

8253は8080系のペリフェラルですから，PC9801に接続する場合は，少し工夫をする必要があります．まず，8253ではRD信号とWR信号より，先にCS信号が“L”に確定していなければなりません．そこで，この回路ではCSを常に“L”にして，RDとWRで8253のバス・バッファをコントロールしています．ですから，8253のRDとWRへは，アドレスのデコードしたものとIOR_0，IOW_0の負論理AND(つまりOR)をとったものを入力してやります．

アドレスのデコード時に注意しなければならないことは，$CPUENB_{10}$信号も一緒にデコードしなければならないことです．PC9801ではCPUが動作している場合，この$CPUENB_{10}$信号が“L”になり，リフレッシュ時や８インチ・ドライブのアクセス時にDMAがバスを使っていて，CPUが停止している場合“H”になります．

1-8 データ・バスとの接続

8086ではI/Oアドレスの偶数番地は，データ・バスの下位８ビットを示し，奇数番地は上位８ビットを示します．また，16ビットを一度にアクセスしたい場合には，偶数番地をアクセスしなければなりません．8253は下位８ビットに接続されており，偶数番地となります．

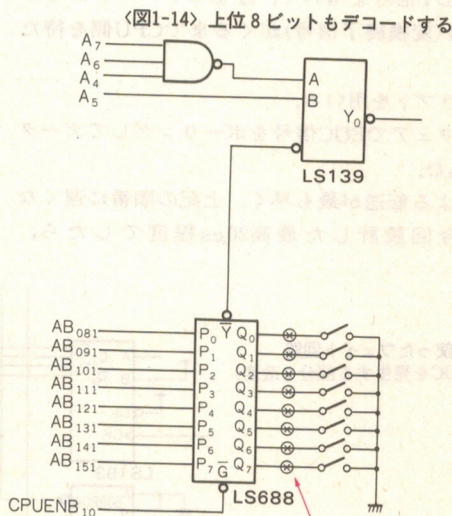
一方，コントロール・レジスタとステータス・レジスタは上位８ビットに接続されており奇数番地になります．A-Dコンバータの変換データのレジスタは12

〈表1-5〉 I/Oアドレス表

	READ	WRITE
D0 H	8253 CH_0	8253 CH_0
D1 H	STATUSE	CONTROL
D2 H	8253 CH_1	8253 CH_1
D3 H	STATUSE	CONTROL
D4 H	8253 CH_2	8253 CH_2
D5 H	STATUSE	CONTROL
D6 H	8253 CTL	8253 CTL
D7 H	STATUSE	CONTROL
D8 H	A-D DATA	—
D9 H	—	—
DA H	A-D DATA	—
DB H	—	—
DC H	A-D DATA	—
DD H	—	—
DE H	A-D DATA	—
DF H	—	—

（D1H, D3H, D5H, D7H：同じ／D8H, DAH, DCH, DEH：同じ）

▶ D1H, D3H, D5H, D7Hは同じ内容を示しており，デコーダのゴーストのために生じたもの．
▶ D8H, DAH, DCH, DEHも同じ

〈図1-14〉 上位８ビットもデコードする

ビット必要ですから，上位下位両方に接続されており，偶数番地が割り当てられています．ソフトウェアの上からは16ビットと8ビットでは異なってきます．ここについてはあとで示すアセンブラのリストを参考にしてください．

1-9 コントロール・レジスタとステータス・レジスタ

ステータス・レジスタは，A-Dコンバータの状態を示すもので，bit 0は"H"で外部トリガ(TRG)が入力されたかどうかを示し，bit 1は"H"でA-Dコンバータの変換終了(EOC)を示します．コントロール・レジスタのbit 0とbit 1はサンプリングのチャネル数を決定し，チャネル数−1を設定します．bit 2はリセット信号(RESET)で外部トリガのラッチをクリアする信号です．

このbit 2をサンプリングを開始する前に一度"L"にして，その後"H"に戻すことによって，リセット信号を作る必要があります(図1-15)．ステータス・レジスタとコントロール・レジスタは同じアドレスにありますが，読み出すとステータス・レジスタ，書き込むとコントロール・レジスタになります．

1-10 CPUとのインターフェース

今回使用したように，サンプリング時間が15〜30μs程度の速度のA-Dコンバータからマイコンでデータを取り込む方法は，一般的に次に挙げるようなものがあります．

① DMAによってI/Oから直接メモリ上に高速に転送する．
② IOREADY信号を用いて，A-DコンバータからのEOC信号(変換終了信号)がくるまでCPU側を待たせる．
③ インタラプトを用いる．
④ ソフトウェアでEOC信号をポーリングしてデータを取り込む．

DMAによる転送が最も早く，上記の順番に遅くなります．今回設計した最高20μs程度でしたら，

〈図1-15〉 ステータス・レジスタ，コントロール・レジスタ

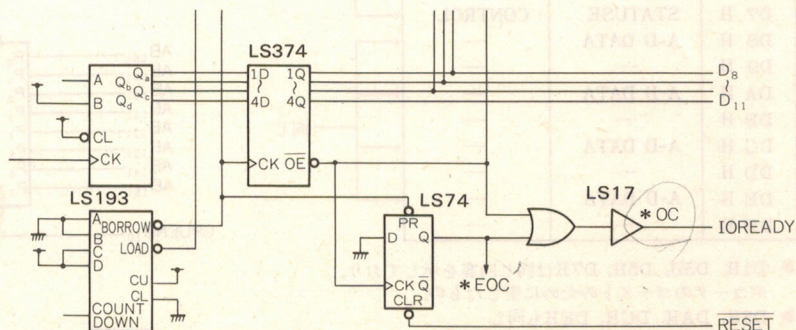
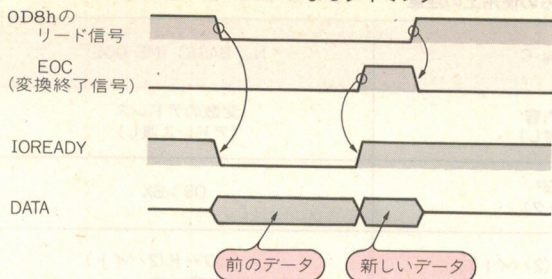
(a) ステータス・レジスタ

PC9801ではDMAによる転送を用いる必要はありません．

IOREADY信号を用いる方法は，10μs以下でも使うことのできる高速な方法です．CPUからデータの読み出し信号がくると，EOC信号がアクティブになるまで，IOREADYをノンアクティブ"L"にし続け，CPUを待たせます．EOC信号がアクティブになると，IOREADY信号をアクティブ"H"にして，CPUにデータを読み込ませます．

IOREADYを発生する回路は，図1-11の中のEOCの発生回路を図1-16のように変更するだけですみます．この回路とバス間のタイミング図を図1-17に示します．サンプリングのためのプログラムは簡単に書け，リスト1-1のように書くことができます(DIにデータを格納するアドレス，CXにデータ数が入っているものとします)．

しかし問題点があります．サンプリングの間隔が長い場合，DRAMのリフレッシュが正しく行われなくなることです．PC9801では，リフレッシュは約30μs(Vシリーズでは約17μs)に一度タイマから割り込みが入り，DMAによって行われます．ですからこの時間

〈図1-16〉
IOREADYを使ったウェイト回路
(図1-11のEOCを発生する部分を改変)

〈図1-17〉 IOREADYによるタイミング

〈リスト1-1〉 サンプリング・プログラム

```
smp_loop:
        in      ax,ad_dat       ; sampling
        and     ax,0fffh
        mov     ds:[di],ax      ; store
        ;
        inc     di
        inc     di
        dec     cx
        jne     smp_loop
        ;
```

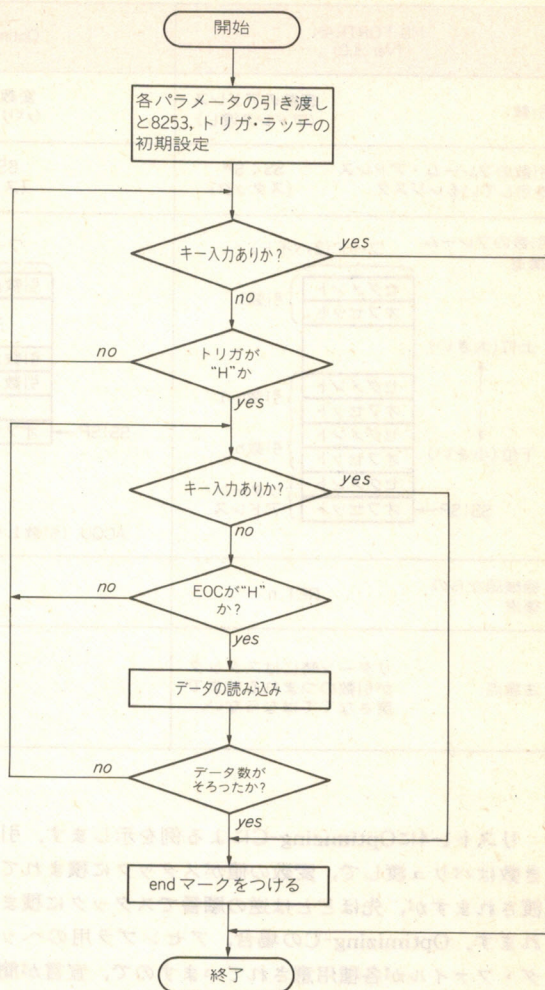
を越えてCPUを待たせると，DRAMのリフレッシュが正しく行われなくなり，メモリの内容が壊れる場合が出てきます．

ハードウェア・インタラプトを用いる方法は，②のIOREADYを用いる方法に比べて，やや速度的には遅くなります．これは8086は割り込みがかかると，現在のアドレスをスタックに積み，インタラプト・テーブルを読み，そこに書かれているアドレスにジャンプするという動作をするためで，この分だけ遅くなります．このため，他の動作をしながら，サンプリングする必要のある場合で，もう少し低速のA-Dコンバータには適した方法です．

ここでは④のソフトウェアによってEOC信号をチェックして，データを読み込むポーリングを用いています．8ビット系のZ80などでは20μsのサンプリングはぎりぎりでしたが，PC9801(5MHzでも)では十分間に合います．

図1-18にサンプリングのアルゴリズムを示しますが，これにはキーをチェックする部分があります．外部トリガによって動作するタイプのA-Dコンバータでは，外部からのトリガが何かの原因でこない場合，いつまでもトリガを待って抜け出せなくなります．これを防ぐために，トリガ待ちの状態でキーをチェックして，もし何かのキーが押されていたらこのプログラムから抜け出すようになっています．

同様に，サンプリングの間隔が長い場合，途中で停止したい時，やはりキーを押すことによって抜け出すようになっています．動作が正常に終了した場合や，

〈図1-18〉 ポーリングを用いたアルゴリズム

途中で強制終了させた場合は，どこまでがサンプリングされたデータか示すために，データの最後にこの12ビットA-Dコンバータではありえない0FFFFHを8回付けています．

リスト1-2に，図1-18のポーリングを用いたアルゴリズムで書いたアセンブラ言語でのルーチンの例を示します(DIにデータを格納するアドレス，CXにデータ数が入っているものとします)．普通，このようなルーチンを使う場合，高級言語から呼び出して使います．しかし，各言語によって表1-6に示すように引き数の渡し方や，その使い方が異なってきます．そこでMS-FORTRAN，Optimizing-C，N_{88}BASIC(MS-DOS)についてその例を示します．

リスト1-3にMS-FORTRANによる例を示します．引き数はアドレス渡しで，変数の入っているアドレスがスタックに積まれて渡されます．注意しなければならないことは，リターン時にスタックを引き数が積まれる以前の状態にもどさなければならないことです．

〈表1-6〉 各言語からの使用上の注意

	MS-FORTRAN (Ver 3.0)	Optimizing C	N_{88} BASIC (MS-DOS)
引数	変数のアドレス (アドレス渡し)	変数の内容 (バリュ渡し)	変数のアドレス (アドレス渡し)
引数のフレーム・アドレスを示しているレジスタ	SS : SP (スタック)	SS : SP (スタック)	DS : BX
引数のフレーム構造	ワード(2バイト) 上位(大きい) ↑ セグメント / オフセット } 引数1 (空き) セグメント / オフセット } 引数n-1 セグメント / オフセット } 引数n セグメント / SS:SP→ オフセット } リターン・アドレス ↓ 下位(小さい)	ワード(2バイト) 引数nの位 ⋮ 引数2の位 引数1の位 (空き) / SS:SP→ オフセット } リターン・アドレス ACQU (引数1, 引数2,……, 引数n)	ワード(2バイト) セグメント / オフセット } 引数1 ⋮ セグメント / オフセット } 引数n-1 セグメント / DS:BX→ オフセット } 引数n
機械語からの復帰	RET n	RET	IRET
注意点	リターン時にはスタックが引数のつまれる前まで戻さなくてはならない.		インターラプトのフラグがディスイネーブルになっているので, イネーブルにしなくてはならない.

リスト1-4にOptimizing-Cによる例を示します. 引き数はバリュ渡しで, 変数の値がスタックに積まれて渡されますが, 先ほどとは逆の順番でスタックに積まれます. Optimizing-Cの場合, アセンブラ用のヘッダ・ファイルが各種用意されていますので, 宣言が簡単になるほか, @ａｂと書いておけば, ビッグ・モデルかスモール・モデルかを判別して, スタックの先頭からパラメータの積んである場所までのオフセットを自動的に付けてくれます.

リスト1-5にN_{88}BASIC(MS-DOS)による例を示します. 引き数はアドレス渡しですが, 引き数用のフレームを決めてあり, DS : BXでその位置を示しています. この例では, 配列にデータを入れるのではなく, 機械語領域に定義した位置にデータを格納していますので, 格納位置を示す引き数はセグメントになっています.

〈リスト1-2〉 ポーリング・ルーチン

```
trg_wat:
        mov     al,es:[si]      ; key scan
        and     al,0ffh
        jne     smp_q
;
        in      al,ad_sta       ; triger.wait
        and     al,01
        je      trg_wat
eoc_wat:                        ; eoc wait
        mov     al,es:[si]      ; key scan
        and     al,0ffh
        jne     smp_end
;
        in      al,ad_sta       ; eoc check
        and     al,02
        je      eoc_wat
;
        in      ax,ad_dat       ; sampling
        and     ax,0fffh
        mov     ds:[di],ax      ; store
;
        inc     di
        inc     di
        dec     cx
        jne     eoc_wat
;
smp_end:
        cli
;
        mov     cx,8            ; end marker
        mov     ax,0ffffh
mrk_end:
        mov     ds:[di],ax
        inc     di
        inc     di
        loop    mrk_end
;
```

〈リスト1-3〉 MS-FORTRANによるA-D変換プログラム

```
MS-FORTARN

C       ARRAY OF SAMPLED DATA
        INTEGER IDATA(30000)
C       NUMBER OF SAMPLING POINTS
        INTEGER NUM
C       SAMPLING INTERVAL TIME ( MICRO SECOND )
        INTEGER IT
C       NUMBER OF CHANNEL
        INTEGER ICH

        CALL ACQU( IDATA(1), NUM, IT, ICH )

        STOP
        END

data    segment 'data'
data    ends
        ;
dgroup  group data
code    segment 'code'
        assume cs:code,ds:dgroup,ss:dgroup
;
;
public  acqu
acqu    proc    far

ad_dat  equ     0d8h            ; a/d data port
ad_sta  equ     0d1h            ; a/d statuse
ad_ctl  equ     0d0h            ; a/d control register

ctc_ctl equ     0d6h            ; 8253 control register
ctc_ch0 equ     0d1h            ; 8253 channel 0

key_tst equ     0528h           ; key buffer
        ;
        push    bp
        mov     bp,sp

init:
        mov     al,0
        out     ad_ctl,al       ; reset trigar latch
        les     si,[bp+6]       ; es:si = 4th parameter address
        mov     ax,es:[si]      ; ax = channel number
        or      al,00000100b    ; set bit2
        out     ad_ctl,al       ; set A/D control register
        ;
        mov     al,34h
        out     ctc_ctl,al      ; 8253 initiarize
        les     si,[bp+10]      ; es:si = 3rd parameter address
        mov     ax,es:[si]      ; ax = sampling interval
        add     ax,ax           ; ax = 2 * ax
        out     ctc_ch0,al      ; set 8253 ch0 low byte
        mov     al,ah
        out     ctc_ch0,al      ; set 8253 ch0 high byte
        ;
        les     si,[bp+14]      ; es:si = 2nd parameter address
        mov     cx,es:[si]      ; cx = sampling number
        ;
        lds     di,[bp+18]      ; ds:di = 1st parameter address
                                ; di = offset address of array
        mov     ax,0
        mov     es,ax
        mov     si,key_tst      ; es:si = key buffer address
        ;
trg_wat:
        mov     al,es:[si]      ; key check
        and     al,0ffh
        jne     smp_q
        ;
        in      al,ad_sta       ; triger wait
        and     al,01
        je      trg_wat
        ;
eoc_wat:                        ; eoc wait
        mov     al,es:[si]      ; key check
        and     al,0ffh
        jne     smp_end
        ;
        in      al,ad_sta       ; eoc check
        and     al,02
        je      eoc_wat
        ;
        in      ax,ad_dat       ; sampling
        and     ax,0fffh
        mov     ds:[di],ax      ; store sampling data to ds:[di]
        ;
        inc     di              ; next address
        inc     di
        dec     cx              ; count down
        jne     eoc_wat         ; check end
        ;
smp_end:
        mov     cx,8            ; end marker
        mov     ax,0ffffh
mrk_end:
        mov     ds:[di],ax
        inc     di
        inc     di
        loop    mrk_end
        ;
smp_q:
        mov     sp,bp
        pop     bp

        ret     16              ; 16=(num of param)*4bytes

acqu    endp

code    ends

        end
```

〈リスト1-4〉 Optimizing-CによるA-D変換プログラム

```
Optimizing-C

main()
{
        int idata[30000];       /* array of sampled data */
        int num;                /* number of sampling point */
        int it;                 /* sampling intarval time */
        int ich;                /* number of channel */


        acqu( idata, num, it, ich );

}


        include model.h
        include prologue.h
public  acqu
acqu    proc    near
        ;

ad_dat  equ     0d8h            ; a/d data port
ad_sta  equ     0d1h            ; a/d statuse
ad_ctl  equ     0d0h            ; a/d control register

ctc_ctl equ     0d6h            ; 8253 control register
ctc_ch0 equ     0d1h            ; 8253 channel 0

key_tst equ     0528h           ; key buffer
        ;

        push    bp
        mov     bp,sp
        ;
        mov     di,@ab[bp]      ; di = offset address
        mov     cx,@ab+2[bp]    ; cx = number of sampling
        ;
        mov     al,34h
        out     ctc_ctl,al      ; 8253 initiarize
        mov     ax,@ab+4[bp]    ; ax = sampling intarval
        add     ax,ax           ; ax = 2 * ax
        out     ctc_ch0,al      ; set 8253 ch0 low byte
        mov     al,ah
        out     ctc_ch0,al      ; set 8253 ch0 high byte
        ;
        mov     al,0
        out     ad_ctl,al       ; reset trger latch
        mov     ax,@ab+8[bp]    ; ax = channel number
        or      al,00000100b    ; set bit2
        out     ad_ctl,al       ; set A/D control register
        ;
        mov     ax,0
        mov     es,ax
        mov     si,key tst
          ∫
```

リスト1-2がここに入る

```
          ∫
```

〈リスト1-4〉 Optimizing-CによるA-D変換プログラム(つづき)

```
smp_q:  pop     bp
        ;
        ret
        ;
acqu    endp
include epilogue.h
        end
        ;
```

〈リスト1-5〉 N88BASICによるA-D変換プログラム

```
N88BASIC

1000    ' ARRAY OF SAMPLED DATA
1010    ' NUM% NUMBER OF SAMPLING POINTS
1020    ' IT%  SAMPLING INTERVAL TIME ( MICRO SECOND )
1030    ' ICH% NUMBER OF CHANNEL
1040    DEF SEG = SEGPTR(2)
1050    MA%=0
1060    IDATA%=SEGPTR(2)+&H80     ' SEGMENT STORED DATA

2000    CALL MA%( IDATA%, NUM%, IT%, ICH% )


            name    acqu
    cseg    segment
            assume  cs:cseg

            org     0
            ;
    ad_dat  equ     0d8h            ; a/d data port
    ad_sta  equ     0d1h            ; a/d statuse
    ad_ctl  equ     0d0h            ; a/d control register

    ctc_ctl equ     0d6h            ; 8253 control register
    ctc_ch0 equ     0d1h            ; 8253 channel 0
```

〈リスト1-5〉 N_{88}BASICによるA-D変換プログラム(つづき)

```
key_tst equ     0528h           ; key buffer
        ;
smp_str:
        ;
        push    ax
        push    bx
        push    cx
        push    dx
        push    si
        push    di
        push    ss
        push    ds
        push    es

        ;
        mov     al,0
        out     ad_ctl,al       ; reset triger latch
        les     si,ds:[bx]      ; es:si = 4th parameter address
        mov     ax,es:[si]      ; ax = sampling channel number
        or      al,00000100b    ; set bit2
        out     ad_ctl,al       ; set A/D control register
        ;
        mov     al,34h
        out     ctc_ctl,al      ; 8253 initarize
        les     si,ds:[bx+4]    ; es:si = 3rd parameter
        mov     ax,es:[si]      ; ax = sampling interval
        add     ax,ax           ; ax = 2 * ax
        out     ctc_ch0,al      ; set 8253 ch0 low byte
        mov     al,ah
        out     ctc_ch0,al      ; set 8253 ch0 high byte
        ;
        les     si,ds:[bx+8]    ; es:si = 2nd parameter address
        mov     cx,es:[si]      ; cx = sampling number
        ;
        les     si,ds:[bx+12]   ; es:si = 1st parameter address
        mov     ax,es:[si]
        mov     ds,ax           ; ds = array segment
        ;
        mov     di,0
        ;
        mov     ax,0
        mov     es,ax
        mov     si,key_tst      ; es:si = key buffer address
        ;
        sti                     ; interrupt enable
trg_wat:
        mov     al,es:[si]      ; key check
        and     al,0ffh
        jne     smp_q
        ;
        in      al,ad_sta       ; triger wait
        and     al,01
        je      trg_wat
        ;
eoc_wat:                        ; eoc wait
        mov     al,es:[si]      ; key check
        and     al,0ffh
        jne     smp_end
        ;
        in      al,ad_sta       ; eoc check
        and     al,02
        je      eoc_wat
        ;
        in      ax,ad_dat       ; sampling
        and     ax,0fffh
        mov     ds:[di],ax      ; store
        ;
        inc     di              ; next address
        inc     di
        dec     cx              ; count down
        jne     eoc_wat         ; end check
        ;
smp_end:
        cli                     ; interrupt disenable
        ;
        mov     cx,8            ; end marker
        mov     ax,0ffffh
mrk_end:
        mov     ds:[di],ax
        inc     di
        inc     di
        loop    mrk_end
        ;
smp_q:  pop     es
        pop     ds
        pop     ss
        pop     di
        pop     si
        pop     dx
        pop     cx
        pop     bx
        pop     ax
        ;
        iret
        ;
cseg    ends
        ;
        end
```

2 PC9801用D-A変換ボードの製作

ここで紹介するD-A変換ボードは，12ビットのディジタル・データを0～10V，または±5Vのアナログ・データに変換するものです．

前項のA-D変換ボードは，データ収集装置として頻繁に使用されますが，D-A変換はA-D変換に比べると使用頻度はそれほど多くないようです．しかし，パーソナル・コンピュータをメカトロニクスなどに応用するためには重要なものです．

2-1 D-A変換ボードの仕様

一般に，メカトロニクス制御では，ディジタル・データは12ビット分解能がよく使われます．この理由は，12ビット分解能はアナログ精度で0.01％に相当しますが，これ以上の精度を要求しても実現が難しいからです．また，8ビット分解能はアナログ精度で2％に相当しますが，これでは少し高精度なコントロールをしたいときには分解能が足りなくなります．

図2-1に，本D-A変換ボードのブロック図を示します．データ・バスは8ビットですから，下位8ビットと上位4ビットのデータは2回に分けて出力します．これをラッチに記憶し，12ビット・データとしてD-Aコンバータに出力する構成になっています．

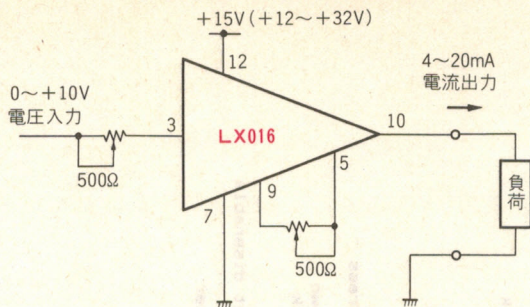
図2-1をみればわかるように2チャネル構成です．

2-2 アナログ出力部の構成

図2-2に全回路図を示します．本ボードで使用したD-Aコンバータは，AMD社のAm6012PCで，セトリング・タイムが250ns(typ)です．もう少し高速にしたいときは，セトリング・タイム75ns(typ)のAm6022PCを使用できます．

この素子は基準電流入力1mAのとき，0～4mAの電流シンク出力です．

本ボードでは，電流-電圧変換にLM308を使用し，

〈図2-3〉 4～20mA電流出力回路

2.5kΩのスパン設定抵抗により10Vのスパンを得ています．±5Vのバイポーラ出力としたいときは，TM_3 (TM_6)を実装することにより，基準電圧素子REF01(+10V出力)から1/2スケール分の電流2mAを加えます．

コンデンサC_1, C_4はグリッチ除去用ですが，通常はセトリング・タイムを落とすので入れない方がよいでしょう．

本ボードは電圧出力ですが，計装関係では4～20mAの電流制御も多用されています．図2-3にCR-BOX(東京無線器材)製のTO8パッケージ入りIC，LX016を使用した回路を示します．

電源に+15Vを使用したとき，0～375Ωの負荷を駆動することができます．

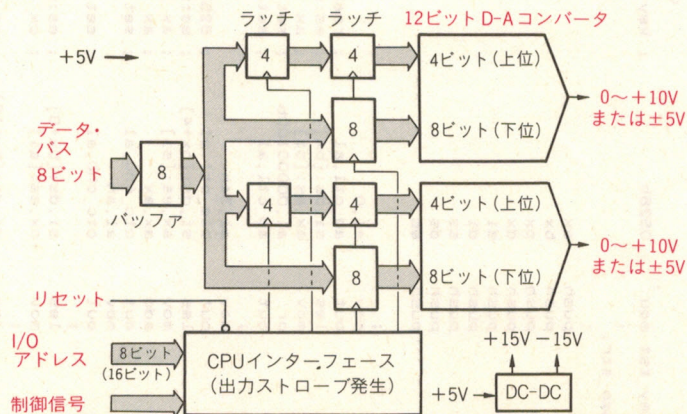
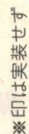
2-3 制御部の回路構成

D-Aコンバータは，ラッチ付きのI/Oポートに接続されており，CPUは出力したい電圧値に対応する12ビットのディジタル・コード(バイナリ)をこのポートに書き込むだけです．

I/Oポートのアドレス割り付けを表2-1に示します．

下位8ビットのうち，上から4ビットまではディップ・スイッチDIP_2でデコードしますが，次のビットはジャンパ・ポストJP_2で，最下位3ビット分は74LS138による固定デコードです．

〈図2-1〉 D-A変換ボードのブロック図

〈図2-2〉 D-Aボードの全回路図

〈表2-1〉
I/Oポートのアドレス割り付け(Hex表示)

I/Oポート名		I/Oアドレス	
		(JP₂)→L側	(JP₂)→H側
12ビット/D-A出力1 データ書き込みポート	上位4ビット	XXD0	XXD8
	下位8ビット	XXD2	XXDA
12ビット/D-A出力2 データ書き込みポート	上位4ビット	XXD4	XXDC
	下位8ビット	XXD6	XXDE

(注1)"XX"はDIP_1による上位8ビット・アドレスの設定値(Hex 2桁)
(注2)ディップ・スイッチの各ビットはONが"0", OFFが"1"に対応する

なお, PC9801シリーズのN_{88}BASICで制御する場合, DIP_2はHex"D"に限ります. PC9801シリーズでは, 内部で多くのI/Oポートを使用しており, ほかに空きがないからです.

ただし, 機械語を使用するときは, 上位の8ビットも使用できますから, I/Oのロケーションに困ることはありません.

2-4 データ形式と調整

I/Oポートに書き込むデータの形式と出力電圧の関係を表2-2に示します.

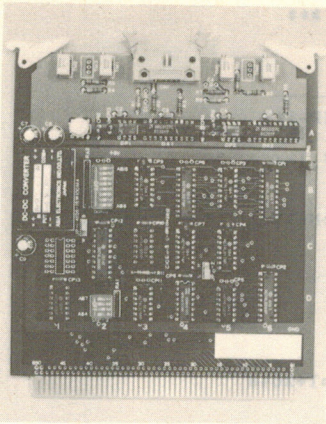
バイナリを10進数表示したものをディジタル・マグニチュードDMとすると, 出力電圧はこれに2.5mVを乗じたものになります. 本来は, スパン10Vを2^{12}で除した値が1ディジット分(2.4414mV)なのですが, 少し拡大して区切りのよい2.5mV/ディジットとしました.

この表は, 0V〜+10.2375Vのユニポーラ出力時のものですが, バイポーラ出力のときは1/2スケールのオフセットが印加されるため, DM=2048で出力電圧0V, すなわち−5.120V〜+5.1175V出力範囲となります.

出力データをI/Oポートに書き込むときは, 必ず上位4ビット・データを先に, 次に下位8ビット・データの順で書き込みます. これは, 上位データを受け取るラッチが二重構成となっており, 下位8ビットのデータが書き込まれるのを待って, 12ビット分が同時にD-Aコンバータに印加されるように配慮されているからです.

本ボードの調整は, OPアンプ増幅回路と同様に, スケール(ゲイン)調整, オフセット調整を行います. 出力電圧をディジタル電圧計でモニタしながら, 表2-2にしたがって, DM=0のとき0V(バイポーラならば−5.120V), DM=4095のとき+10.2375V(バイポーラならば+5.1175V)となるように, オフセット調整トリマ, およびスケール調整トリマを回します.

チャネル1とチャネル2のトリマの割り当ては表2-3のようになっています.

〈写真2-1〉完成したD-Aボードの概観

〈表2-2〉データ形式と出力電圧

（上位4ビット・ポート）	（下位8ビット・ポート）		出力
ビット7 6 5 4 3 2 1 0	ビット7 6 5 4 3 2 1 0	DM	VO
＃ ＃ ＃ ＃ 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	4,095	10.2375 V
	〜		〜
＃ ＃ ＃ ＃ 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	2,048	5.1200 V
	〜		〜
＃ ＃ ＃ ＃ 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 1	1	0.0025 V
＃ ＃ ＃ ＃ 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	0	0.0000 V

（注1）“＃”は“1”，“0”，いずれでもよい．

（注2）DMの算出：上位4ビット・ポートに書き込まれたデータの10進表示をDH，下位8ビット・ポートに書き込まれたデータの10進表示をDLとすると，DM＝（256 ＊ DH）＋ DL となる

2-5 プログラミングについて

出力したい電圧に相当するデータをI/Oポートに書き込むだけですから簡単です．例えば，アナログ出力1に＋10.2375Vを得たいときの操作を，N_{88}BASICで書くと，

```
OUT &HD0, &H0F
OUT &HD2, &HFF
```

となります．

リスト2-1にPC9801シリーズの拡張I/Oスロットに挿入し，N_{88}BASICで操作するプログラムを示します．また，リスト2-2に同じく機械語で操作するプログラム例を示します．

〈表2-3〉調整トリマの割り当て

	スケール調整	オフセット調整	
		ユニポーラ	バイポーラ
D-A出力1	TM_1	TM_2	TM_3
D-A出力2	TM_4	TM_5	TM_6

〈リスト2-1〉BASICによるプログラム例

```
100 '******  DA ｺﾝﾊﾞｰﾀ   ﾃｽﾄ ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ (ﾍﾞｰｼｯｸ) for PC-9801series ******
120 '
130 WIDTH 40,20
140 '──────────────── ﾊﾟﾗﾒｰﾀ ﾉ ｾｯﾃｲ ────────────────
150 JP2$="L"      ' I/O ｱﾄﾞﾚｽ AB031 ﾉ ｾｯﾃｲ (L,H;ｼﾞｬﾝﾊﾟｰﾎﾟｽﾄJP-2)
160 MODE$="UNI"   ' ﾕﾆﾎﾟｰﾗ(UNI) 、 ﾊﾞｲﾎﾟｰﾗ(BIP) ﾉ ｾｯﾃｲ
170 '  ･･･[ DIP-2 ﾊ "D" , JP-1 ﾊ B( BASICﾓｰﾄﾞ ) ﾆ ｼﾃｸﾀﾞｻｲ ]･･･
180 '
190 IF JP2$="L" THEN A$="0" ELSE IF JP2$="H" THEN A$="8" ELSE PRINT"see150":END
200 PORT=VAL("&hD"+A$)    ' I/O ｱﾄﾞﾚｽ ｶｲ 8ﾋﾞｯﾄ ﾉ ｾｯﾄ
210 '
220 ' D/A ﾎﾟｰﾄ 1 ﾉ ｾｯﾃｲ
230 INPUT"  port1 =",V1#  ' D/A output(port1) ﾉ ﾆｭｳﾘｮｸ
240 IF MODE$="UNI" THEN IF V1#<0 OR 10.2375#<V1# THEN 230
250 IF MODE$="BIP" THEN IF V1#<-5.12 OR 5.1175<V1# THEN 230
260 I=INT(V1#/.0025) : IF MODE$="UNI" THEN DM1=I ELSE DM1=I+2048
270 PRINT"              <true PORT1 =";I*.0025;">"
280 '
290 ' D/A ﾎﾟｰﾄ 2 ﾉ ｾｯﾃｲ
300 INPUT"  port2 =",V2#  ' D/A output(port2) ﾉ ﾆｭｳﾘｮｸ
310 IF MODE$="UNI" THEN IF V2#<0 OR 10.2375#<V2# THEN 300
320 IF MODE$="BIP" THEN IF V2#<-5.12 OR 5.1175<V2# THEN 300
330 I=INT(V2#/.0025) : IF MODE$="UNI" THEN DM2=I ELSE DM2=I+2048
340 PRINT"              <true PORT2 =";I*.0025;">"
350 '
360 DM1H=INT(DM1/256) : DM1L=DM1-256*DM1H    '┐
370 DM2H=INT(DM2/256) : DM2L=DM2-256*DM2H    '┴ ﾃﾞｼﾞﾀﾙ ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ ﾉ ｾｯﾄ
380 '
390 OUT PORT+0,DM1H    '┐
400 OUT PORT+2,DM1L    '┴ D/A OUTPUT 1 ﾍ ｼｭﾂﾘｮｸ
410 OUT PORT+4,DM2H    '┐
420 OUT PORT+6,DM2L    '┴ D/A OUTPUT 2 ﾍ ｼｭﾂﾘｮｸ
430 '
440 PRINT : GOTO 230   ' ｸﾘｶｴｼ
```

〈リスト2-2〉機械語によるプログラム例

```
100 '***  DA ｺﾝﾊﾞｰﾀ   ﾃｽﾄ ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ (ﾏｼﾝｺﾞ) for PC-9801series ***
120 '
130 CLEAR ,&H1D00   ' RAMｴﾘｱ,ﾏｼﾝｺﾞｾﾝﾄｳ ﾉ ｾﾝｹﾞﾝ
140 WIDTH 40,20
150 '――――――――――――――― ﾊﾟﾗﾒｰﾀ ﾉ ｾｯﾃｲ ―――――――――――――――
160 UPBYT$="FF"    ' I/O ｱﾄﾞﾚｽ ｼﾞｮｳｲ 1ﾊﾞｲﾄ ﾉ ｾｯﾃｲ (&H00-FF;DIP-1)
170 MODE$="UNI"    ' ﾕﾆﾎﾟｰﾗ(UNI) 、 ﾊﾞｲﾎﾟｰﾗ(BIP) ﾉ ｾｯﾃｲ
180 ' ‥[ DIP-2 ﾊ "D",JP-1 ﾊ W(ﾜｰﾄﾞ ﾓｰﾄﾞ),JP-2 ﾊ L ﾆ ｼﾃｸﾀﾞｻｲ ]‥
190 '
200 DEF SEG=&H1D00
210 RESTORE 440:FOR I=0 TO &H40:READ X$:POKE I,VAL("&h"+X$):NEXT I
220 OUTPUT=0
230 DM0%=VAL("&h"+UPBYT$)      ' ｷｶｲｺﾞ ｻﾌﾞﾙｰﾁﾝ ﾄﾉ ﾘﾝｸ
240 '
250 ' D/A ﾎﾟｰﾄ 1 ﾉ ｾｯﾃｲ
260 INPUT"  port1 =",V1#  ' D/A output(port1) ﾉ ﾆｭｳﾘｮｸ
270 IF MODE$="UNI" THEN IF V1#<0 OR 10.2375#<V1# THEN 260
280 IF MODE$="BIP" THEN IF V1#<-5.12 OR 5.1175<V1# THEN 260
290 I=INT(V1#/.0025) : IF MODE$="UNI" THEN DM1%=I ELSE DM1%=I+2048
300 PRINT"            <true PORT1 =";I*.0025;">"
310 '
320 ' D/A ﾎﾟｰﾄ 2 ﾉ ｾｯﾃｲ
330 INPUT"  port2 =",V2#  ' D/A output(port2) ﾉ ﾆｭｳﾘｮｸ
340 IF MODE$="UNI" THEN IF V2#<0 OR 10.2375#<V2# THEN 330
350 IF MODE$="BIP" THEN IF V2#<-5.12 OR 5.1175<V2# THEN 330
360 I=INT(V2#/.0025) : IF MODE$="UNI" THEN DM2%=I ELSE DM2%=I+2048
370 PRINT"            <true PORT2 =";I*.0025;">"
380 '
390 CALL OUTPUT(DM0%,DM1%,DM2%)
400 '
410 PRINT : GOTO 230     ' ｸﾘｶｴｼ
420 '
430 '----------------- machine code subroutine -------------------
440 DATA 06           :'0000  PUSH  ES          ┐
450 DATA 56           :'0001  PUSH  SI          │
460 DATA 50           :'0002  PUSH  AX          │
470 DATA 53           :'0003  PUSH  BX          ├ stack ﾍﾉ ﾀｲﾋ
480 DATA 51           :'0004  PUSH  CX          │
490 DATA 52           :'0005  PUSH  DX          ┘
500 '
510 DATA 8B,4F,0A     :'0006  MOV   CX,10[BX]   ┐  **DM0% => DH**
520 DATA 8E,C1        :'0009  MOV   ES,CX       │ (DM0% ﾉ ﾍﾞｰｽ =>ES)
530 DATA 8B,77,08     :'000B  MOV   SI,8[BX]    │ (DM0% ﾉ ｵﾌｾｯﾄ=>SI)
540 DATA 26,8A,34     :'000E  MOV   DH,ES:[SI]  ┴ I/Oｱﾄﾞﾚｽ ｼﾞｮｳｲ8ﾋﾞｯﾄ
550 '
560 DATA 8B,4F,06     :'0011  MOV   CX,6[BX]    ┐ **DM1% => "D0,2"**
570 DATA 8E,C1        :'0014  MOV   ES,CX       │ (DM1% ﾉ ﾍﾞｰｽ =>ES)
580 DATA 8B,77,04     :'0016  MOV   SI,4[BX]    │ (DM1% ﾉ ｵﾌｾｯﾄ=>SI)
590 DATA 26,8A,44,01  :'0019  MOV   AL,ES:1[SI] │(DM1%ｼﾞｮｳｲﾊﾞｲﾄ => AL )
600 DATA B2,D0        :'001D  MOV   DL,D0       │
610 DATA EE           :'001F  OUT   DX,AL       │ = OUT &HD0,DM1H
620 DATA 26,8A,04     :'0020  MOV   AL,ES:[SI]  │ (DM1%ｶｲﾊﾞｲﾄ => AL )
630 DATA B2,D2        :'0023  MOV   DL,D2       │
640 DATA EE           :'0025  OUT   DX,AL       ┴ = OUT &HD2,DM1L
650 '
660 DATA 8B,4F,02     :'0026  MOV   CX,2[BX]    ┐ **DM2% => "D4,6"**
670 DATA 8E,C1        :'0029  MOV   ES,CX       │ (DM2% ﾉ ﾍﾞｰｽ =>ES)
680 DATA 8B,37        :'002B  MOV   SI,0[BX]    │ (DM2% ﾉ ｵﾌｾｯﾄ=>SI)
690 DATA 26,8A,44,01  :'002D  MOV   AL,ES:1[SI] │(DM2%ｼﾞｮｳｲﾊﾞｲﾄ => AL )
700 DATA B2,D4        :'0031  MOV   DL,D4       │
710 DATA EE           :'0033  OUT   DX,AL       │ = OUT &HD4,DM2H
720 DATA 26,8A,04     :'0034  MOV   AL,ES:[SI]  │ (DM2%ｶｲﾊﾞｲﾄ => AL )
730 DATA B2,D6        :'0037  MOV   DL,D6       │
740 DATA EE           :'0039  OUT   DX,AL       ┴ = OUT &HD6,DM2L
750 '
760 DATA 5A           :'003A  POP   DX          ┐
770 DATA 59           :'003B  POP   CX          │
780 DATA 5B           :'003C  POP   BX          ├ stack ｶﾗﾉ ﾌｯｷ
790 DATA 58           :'003D  POP   AX          │
800 DATA 5E           :'003E  POP   SI          │
810 DATA 07           :'003F  POP   ES          ┘
820 DATA CF           :'0040  IRET
830 '-------------------------------------------------------------
```

第五章

形柳正弘／塚原英一

PC9801用メカトロニクス・インターフェース・ボードの作り方

本章では，メカトロニクスにパソコンを応用するときに必要になるアイソレート入出力ボード，直流SSR出力ボード，アップ／ダウン・カウンタ・ボード，ステッピング・モータ制御ボードの作り方について詳細に解説します．

1アイソレート入出力ボードの製作

パーソナル・コンピュータと外部周辺機器とのインターフェースにおいて，データの入出力にはON/OFF入出力が基本的に必要です．

ここでは，メカトロニクス制御に利用できるアイソレート入出力ボードの製作例を示します．

最近では，パーソナル・コンピュータを使用して工場での組み立てラインを構成したり，制御盤などの制御もパーソナル・コンピュータで行うことが多くなっています．しかし，これらのFA分野でパーソナル・コンピュータを利用するには，対ノイズ性を考慮せずに組み込むことはできません．コンピュータからの入出力(リレー,電磁弁,リミット・スイッチ)の制御を行うことを考えると，誘導ノイズや高周波ノイズ,グラウンド・レベルの変化などの影響により，コンピュータが誤動作する原因となります．

このようなノイズの対策としてはフォト・カプラによる絶縁(アイソレート)が有効で，制御機器などとインターフェースする場合に多く使用される技術です．

ここで紹介するフォト・カプラを使用した8チャネル入力，16チャネル出力用アイソレート・ボードは，PC9801シリーズのパーソナル・コンピュータの拡張I/Oスロットに挿入することで，外部とのインターフェースが容易に行えます．

1-1　アイソレート入出力ボードの仕様と構成

図1-1に本ボードのブロック図を，図1-2に本ボードの全回路図を示します．出力部は16チャネル分あり，ビット単位の出力ができます．最大定格は，電圧30V，電流0.75A,電力1Wです．

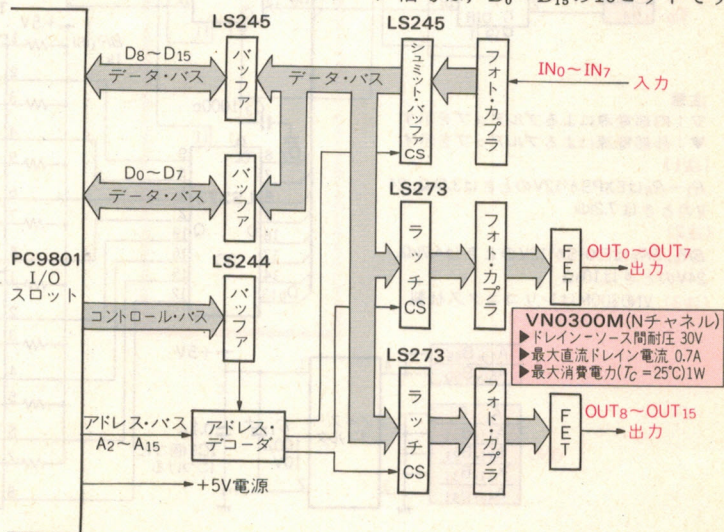
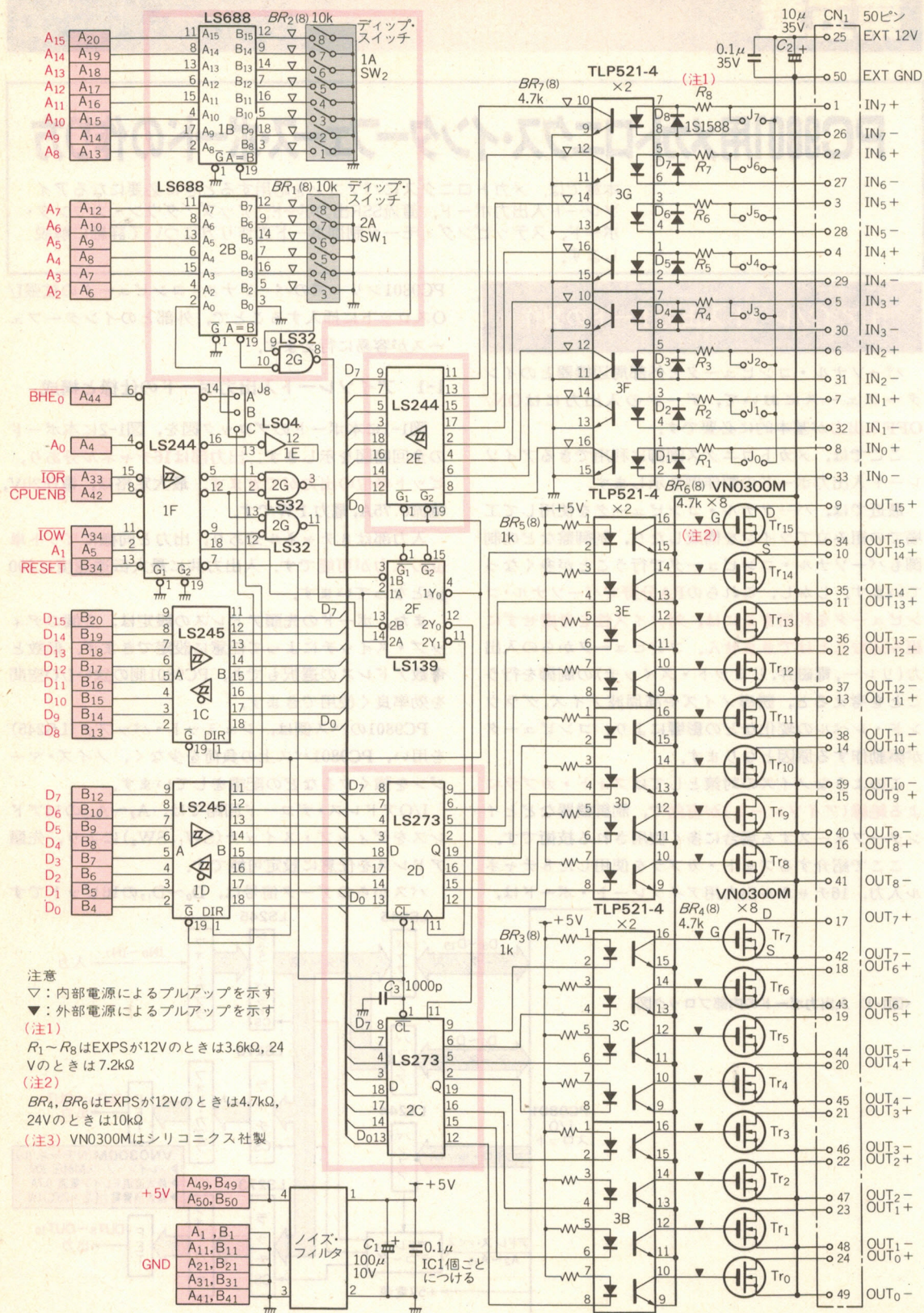
入力部は8チャネル分あり，出力と同様にビット単位の入力が可能です．入出力共に最大伝達速度は200μsとなっています．

また，ボードの先頭アドレスの設定は，2個のディップ・スイッチによって任意に設定できます．偶数と奇数アドレスの選択もでき，PC9801側の狭いI/O空間を効率良く使用できます．

PC9801のバス側は，シュミット・バッファ(LS245)を用い，PC9801バス上の負荷を少なく，ノイズ・マージンを強くするなどの配慮をしています．

I/Oアドレス・デコード回路では，A_2～A_{15}の14アドレスをディップ・スイッチ(SW_1,SW_2)により，先頭アドレスを任意に設定可能です．

バスからのデータ信号は，D_0～D_{15}の16ビットです

〈図1-1〉 入出力ボードの内部ブロック図

〈図1-2〉 入力8チャネル，出力16チャネル・アイソレート入出力ボードの回路図

が，本ボードでは下位と上位を切り替えることにより，いずれかの８ビットを使用します．

I/Oの入力部は，フォト・カプラを通り，シュミット・バッファ(LS244)に入力されます．出力部は，８ビットのラッチ(LS273)を２個使用し，下位１アドレスで切り替え，８ビット×２ポートを構成しています．

ラッチからの出力は，フォト・カプラを通り，パワーMOS FETによるバッファに入力されます．パワーMOS FETは，入力インピーダンスが高く，出力のオン抵抗が小さいという特徴があるため，フォト・カプラの出力負荷を小さくでき，スイッチング特性を向上できます．

また，出力インピーダンスも非常に小さいために，負荷損失が少なく，TTLレベルの出力も可能であり，バッファに適しています．インターフェースのコネクタ部は，DIN型50ピン・コネクタを用いて外部と接続できるようになっています．

1-2　本ボードの操作について

操作の例として，PC9801のBASICのI/O命令による方法を説明します．

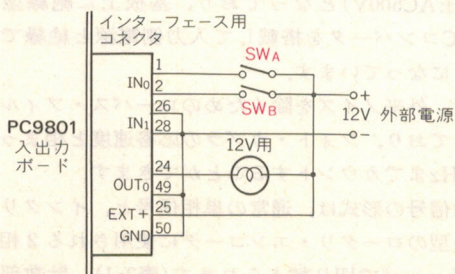
このボードのI/O先頭アドレスは，SW_1下位(A_2～A_7)，SW_2上位(A_8～A_{15})によりアドレスを設定します．I/Oアドレスの設定で機械語を使用しない場合は，上位アドレスは“００”にセットし，下位アドレスのみで設定を行います．この例ではＤ０番地を先頭アドレスとし，表1-1にアドレスと機能の対応表を示します．

図1-3の回路を用いて説明します．この例では，入力IN_0にSW_A，IN_1にSW_Bが接続され，出力ではOUT_0にランプが接続されています．プログラムにより，入力の$SW_{A,B}$の状態を見るには，

```
A＝INP(&HDO)↲
PRINT A↲
```

〈表1-1〉アドレス対応表

I/Oアドレス	リード	ライト
D0	IN_0～IN_7リード	OUT_0～OUT_7ライト
D2	―	OUT_8～OUT_{16}ライト

〈図1-3〉入力にスイッチ，出力にランプをつないで動作確認

〈リスト1-1〉動作のチェック・プログラム

```
10 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
20 '+ AB98-10A 16CH-IN 8CH-OUT SAMPLE PROGRAM +
30 '+                                       +
40 '+++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
50 '
60 '---------- スタート ------------
70 '
80 *START
90 CLS:J=0:I=0
100 '
110 '
120 '------  8ビット・データ入力  -----
130 '
140 *IN
150 IN=INP(&HDO)
160 LOCATE 5,2:PRINT"ﾆｭｳﾘｮｸﾃﾞｰﾀ=";IN
170 '
180 '------   比較＆出力ON   -------
190 '
200 IF IN<>1  THEN 250
210 OUT &HDO,1
220 LOCATE 9,5:PRINT "ﾗﾝﾌﾟ      ON."
230 FOR J=0 TO 10000:NEXT J
240 GOTO *START
250 '
260 '----  比較＆出力ON/OFF   -----
270 '
280 IF IN<>2  THEN 380
290 LOCATE 9,5:PRINT "ﾗﾝﾌﾟ ON/OFF."
300 *LOOP
310 I=I+1
320 OUT&HDO,1
330 FOR J=0 TO 1000:NEXT J
340 OUT&HDO,0
350 FOR J=0 TO 1000:NEXT J
360 IF I<>5 THEN *LOOP
370 GOTO *START
380 '
390 '-----  比較＆出力OFF   ------
400 '
410 OUT &HDO,&HO
420 LOCATE 9,5:PRINT "ﾗﾝﾌﾟ     OFF."
430 FOR J=0 TO 10000:NEXT J
440 '
450 END
```

をキーボードから入力すると，画面上に10進数で入力データが表示されます．$SW_{A,B}$がOFFの場合には“０”が表示され，SW_AのみONの場合には“１”，SW_BのみONの場合は“２”が表示され，それぞれ両方ともONの場合には“３”が表示されます．

ＩＮＰ命令はI/Oの入力命令で，入力したデータは，ここでは変数ＩＮに入るために，プログラムによる演算や比較処理ができます．

次に出力部のランプをON/OFFする場合には，ＯＵＴ命令を使用します．

```
OUT &HDO, &H1↲
```

をキーボードから入力するとランプは点灯します．消灯する場合は，

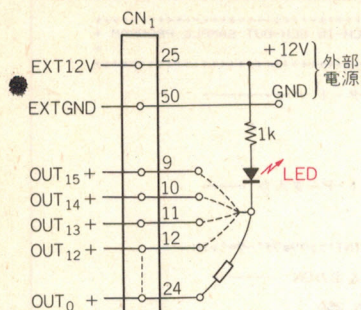
```
OUT &HDO, 0↲
```

を入力します．以上の入出力命令を使用した簡単な制御プログラムの例を，リスト1-1に示します．

プログラムを実行すると，画面上にＤＡＴＡ＝２５５と表示され，入力$SW_{A,B}$のON/OFFに応じたデータが表示されます．ＤＡＴＡ＝１の場合には，ランプは数秒間入力が変化するまで点灯し，ＤＡＴＡ＝２の場合は数秒間点滅し，ＤＡＴＡ＝３が入力されるとランプは消灯しプログラムは終了します．

1-3　入出力ポートのチェック

入力ポートのチェックは，入力を開放にし，次のプログラムを実行します．

〈図1-4〉出力ポートのチェック回路

```
A=INP(&HD0):PRINT A
```

Aのデータ255，すなわち16進でFFが表示され，入力をすべて“ON”にした場合は0が表示されます．以上の値が表示されれば入力ポートは正常です．

出力ポートのチェックは，出力インターフェース側を開放にし，ch_0～ch_{15}の出力状態をLS273，ラッチの出力部にテスタをあててチェックします．ch_0～ch_7に相当するラッチは回路図上2CのLS273になり，テスタを電圧レンジにし⊖をGNDに接続し，⊕をラッチの出力側にあて，次のプログラムを実行します．

```
OUT &HD0, 0
```

この場合，出力のデータはすべて“0”になり，ラッチのすべての出力電圧は約0.6Vになります．次にすべての出力データが“1”になることをチェックします．

```
OUT &HD0, &HFF
```

を実行すると，ラッチのすべての出力電圧は約3.8Vになります．ch_8～ch_{15}に相当するラッチは回路図上2Dになり，次のプログラムにより同様のチェックを行います．

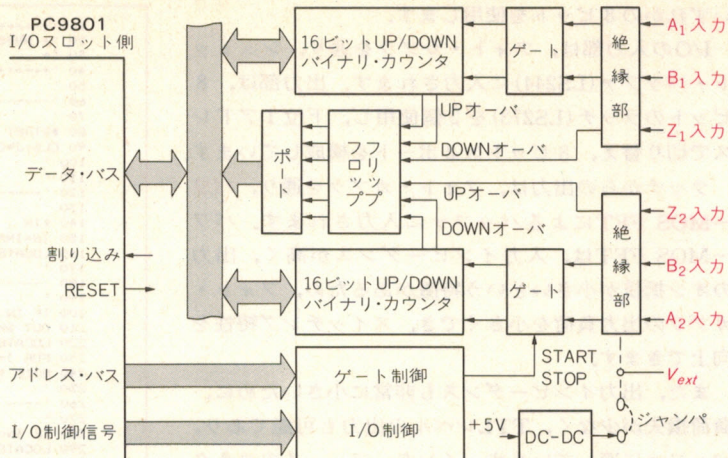
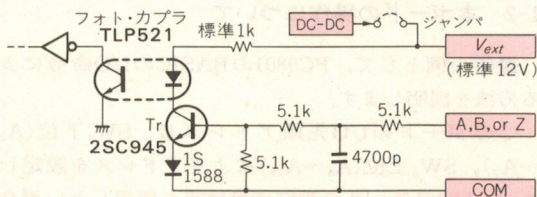
```
OUT &HD2, 0
OUT &HD2, &HFF
```

2Cのラッチ出力と同様の電圧が確認できれば，ラッチの出力部まではch_0～ch_{15}すべて正常に動作していることになります．

最終チェックは，CN_1の25ピンと50ピンに外部電源より12Vを供給し，図1-4のような測定回路によりチェックを行います．この回路は，出力がONのビットだけ点灯することで確認できます．

②アップ/ダウン・カウンタ・ボードの製作

パソコンで位置，回転数，流量などを測定するときには，カウンタを使うことが多いようです．ここではFA，LAに適した汎用の2チャネル16ビット・アップ/ダウン・カウンタ・ボードを紹介します．

〈図2-1〉カウンタ・ボードのブロック図

〈図2-3〉入力の電圧レベルに自由度をもたせる回路構成としての入力回路(絶縁)部の詳細

〈表2-1〉入力信号モード設定

ジャンパ	設定	入力モード	カウンタ
JP_{1-1}	UP側	単相入力	チャネル1
	CW側	2相入力	
JP_{1-2}	DN側	単相入力	
	CCW側	2相入力	
JP_{2-1}	UP側	単相入力	チャネル2
	CW側	2相入力	
JP_{2-2}	DN側	単相入力	
	CCW側	2相入力	

2-1　本ボードの仕様と構成

図2-1に本機のブロック図を，図2-2に全回路図を示します．

入力部は図2-3に示すようにフォト・カプラによる絶縁(耐圧AC500V)となっており，基板上に絶縁型のDC-DCコンバータを搭載して入力側電源と絶縁できるようになっています．

また，外来ノイズを除くためのローパス・フィルタも入っており，フォト・カプラの応答速度と相まって約10kHzまでカウントすることができます．

入力信号の形式は，通常の単相信号と，インクリメンタル型のロータリ・エンコーダに使用される2相信号をジャンパで切り替えられます(表2-1)．計数部は

〈図2-2〉カウンタ・ボードの回路

プリセットもできるアップ/ダウン・カウンタ74HC193を4個連結した16ビット・バイナリ構造となっています．

ステータス・フラグは，キャリ，ボロー，およびZ相入力を各チャネルごとに用意しています．また，いずれかのカウンタがキャリまたはボローを出力したときに，割り込みを発生させることもできます(JP_4)．

2-2　外部機器との接続

本ボードの入力回路(図2-3)には，オープン・コレクタ，エミッタ・フォロワ，TTLレベル(トーテム・ポール型)，接点などの外部機器出力を図2-4のように直結することができます．

外部機器と本ボードの入力回路の電源を共通とするときは，V_{ext}とV_{CC}を接続します．

外部電源を使用する場合は，V_{ext}-COM間に5～24Vを印加し，また基板上にDC-DCコンバータを搭載する場合は，ジャンパJ_0を接続します．

本ボードに搭載できるDC-DCコンバータは，TDK製のCP3601/3604/3607(電圧が異なる)などです．

図2-5に一般的なロータリ・エンコーダ，小野測器製SP402Z，RP432Z，RP862Z，立石電機製E6D-CWZ1Eなどとの接続例を示します．

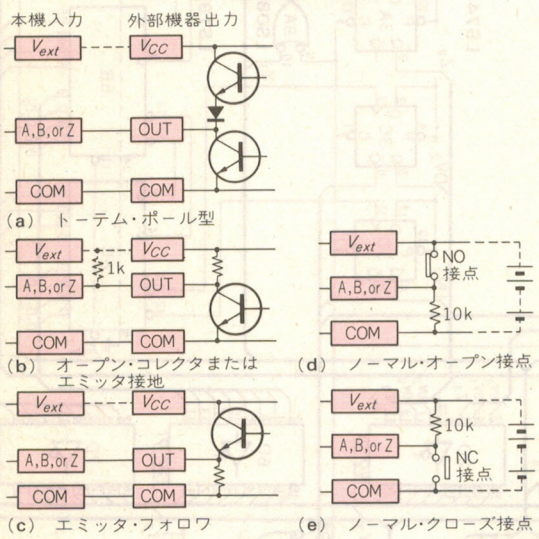
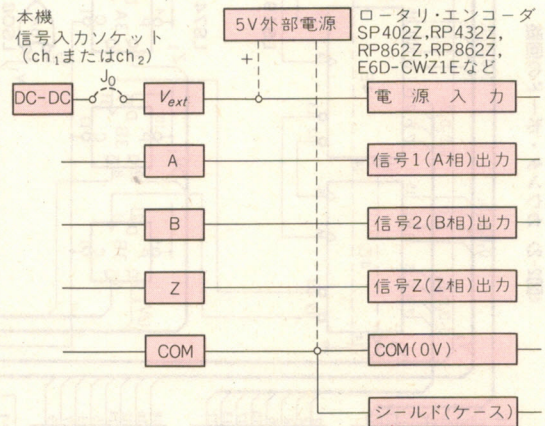
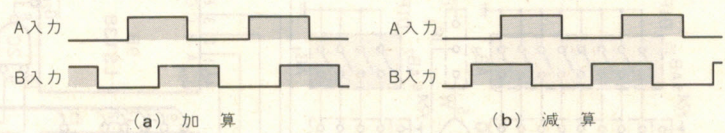
2-3　カウント動作，ステータス

表2-1に示したとおり，JP_1(JP_2)をUP側，DN側に設定すると，チャネル1(チャネル2)のカウンタが単相入力モードになります．

このときA入力で加算，B入力で減算カウントが，各入力の立ち下がりで行われます．ただし，一方の入力が立ち上がるとき，他方の入力は必ず"L"(入力開放も含む)でなければなりません．

JP_1(JP_2)をCW側，CCW側に設定すると2相入力モードとなります．

このときは，A入力信号がB入力信号から90度だけ遅れたらCW(時計回り)方向回転＝加算カウント，逆に90度だけ進んだらCCW(反時計回り)方向回転＝減算カウントの動作が行われます(図2-6)．

〈図2-4〉外部機器との接続例

〈図2-5〉ロータリ・エンコーダとの接続例

〈図2-6〉AとBの入力波形の加減算のようす

〈図2-7〉カウンタのステータス・データ

	B_7	B_6	B_5	B_4	B_3	B_2	B_1	B_0
MSB	UV_1	DV_1	Z_1	0	UV_2	DV_2	Z_2	0

UV_1(UV_2)："1"のとき，チャネル1(2)のカウンタがCARRY(UPオーバ信号)を出したことを示す(キャリはカウンタ値65,535から0になるとき発生)

DV_1(DV_2)："1"のとき，チャネル1(2)のカウンタがBORROW(DOWNオーバ信号)を出したことを示す(ボローはカウンタ値0から65,535になるとき発生)

Z_1(Z_2)："1"のとき，チャネル1(2)のZ信号入力がアクティブとなった(立ち上がりエッジを検出)ことを示す

なお，加算カウントはA入力の立ち下がりで，減算カウントはB入力の立ち下がりで行われます．ステータスは図2-7に示す構造の1バイト・データで，ひとたびセットされたフラグは，後述のリセット操作を行わない限りもとにもどりません．

2-4　CPUとのインターフェース

本ボードの制御およびデータの読み書きは，すべてI/O命令により行います．I/Oアドレスは，上位8ビットをディップ・スイッチDIP_1で，中位4ビットをDIP_2で割り付け，下位4ビットは固定となっています．

なお，JP_3はPC9801Fまでの旧機種をBASICのみで使用するとき，I/Oアドレスが下位8ビットしか有効でないため，B側に設定して上位8ビットを無視するためのジャンパです．

しかもI/Oアドレスは空きが少なく，中位4ビットは通常Hex“D”しか使用できません．

PC9801M以降の機種では，BASICでも上位8ビットをHex“００”～“７Ｆ”まで使用できますから，JP_3をW側に設定し，Hex 4桁のI/Oアドレスを使用するとよいでしょう．

なお，機械語プログラム中では，新旧に関係なくHex 4桁のI/Oアドレスを使用することができます．

2-5　操作方法，プログラム例

本ボードの具体的操作は，表2-2に示したI/Oポートを読み書きすることです．

例えば，リセット操作をBASICにより記述すると，

C＝INP(&HD0)

となります．このとき両カウンタのゲートは閉じられ，ステータス・フラグがすべてクリアされます．

ただし，カウンタはクリアされません．なお，変数Cには何の意味もなく，I/O制御信号によってリセット動作が行われます．同様にチャネル1のカウンタ・ゲートを開くには，

OUT　&HD0, m

とします．mは0～255の任意の数で，やはり意味がありません．

カウンタのクリアは，ゼロを書き込むことにより行います．すなわち，

OUT　&HD8, 0

でカウンタの下位8ビットに，また，

OUT　&HDA, 0

で上位8ビットにそれぞれゼロを書き込むことができます．

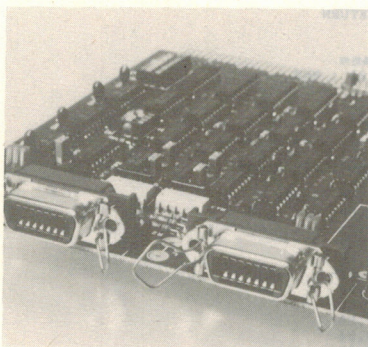
カウント値は，

DH＝INP(&HDA)

で上位8ビット，

DL＝INP(&HD8)

で下位8ビットをそれぞれ変数ＤＨ，ＤＬに読み込むことができます．

メイン・フローをBASICで，I/O制御ルーチンを機

〈写真2-1〉カウンタ入力コネクタ付近

〈表2-2〉I/Oポートの機能とアドレス割り付け(HEX表示)

出力ポート機能	I/Oアドレス	入力ポート機能
チャネル1 GATE ON　(START)	××D0	フラグ・クリア，制御回路リセット
チャネル1 GATE OFF (STOP)	××D2	なし
チャネル2 GATE ON　(START)	××D4	なし
チャネル2 GATE OFF (STOP)	××D6	ステータス・フラグ読み込み
チャネル1 下位8ビット書き込み	××D8	チャネル1 下位8ビット・データ読み込み
チャネル1 上位8ビット書き込み	××DA	チャネル1 上位8ビット・データ読み込み
チャネル2 下位8ビット書き込み	××DC	チャネル2 下位8ビット・データ読み込み
チャネル2 上位8ビット書き込み	××DE	チャネル2 上位8ビット・データ読み込み

＊“××”はDIP_1による上位8ビット・アドレス(AB_{15}～$_{08}$)設定値．Hex　00～7F
＊ DIPスイッチの各ビットはONが“0”，OFFが“1”に対応する

〈リスト2-1〉
I/O制御部に機械語を用いた
コントロール・プログラム例

```
40 '       [  DIP2 を "D"   ,  JP3 を W (ﾜｰﾄﾞ･ﾓｰﾄﾞ)    にする          ]
50 '
1000 CLEAR ,&H1FA0    : IH=&H1F:IL=&HA0       ' 割り込み処理ルーチンの先頭セグメント
1010 INTA=256*IH+IL   '    RAM を増設しているかまたは日本語BASICシステムを使用している
                            場合には  "1FA0"  を  "3FA0"  などとする(2箇所)
1020 '
1030 '―――――――――――――――――― ﾊﾟﾗﾒｰﾀ の設定 ――――――――――――――――――
1040 INTRPT=6            ' 割り込み line [INT6 ]  ;  INT4,5ならば     INTRPT=4,5 ( JP4 )
1050 UPBYT$="00"         ' I/O  ｱﾄﾞﾚｽ  上位   1ﾊﾞｲﾄ の設定         ( &H00~FF ; DIP1 )
1060 IDT1%=0             ' ch 1 ｶｳﾝﾀ  の初期値  }  f･5 ｷｰ でセットされるカウント
1070 IDT2%=0             ' ch 2 ｶｳﾝﾀ  の初期値  }
1080 '
1090 '                 割り込み処理の初期設定
1100  IF INTRPT=6 THEN I=&H54:MMSK=&H7F:MIRL=&H67:SMSK=&HDF:SIRL=&H65:GOTO 1110
 ELSE IF INTRPT=5 THEN I=&H50:MMSK=&H7F:MIRL=&H67:SMSK=&HEF:SIRL=&H64:GOTO 1110
 ELSE IF INTRPT=4 THEN I=&H48:MMSK=&H7F:MIRL=&H67:SMSK=&HFB:SIRL=&H62 ELSE END
1110 DEF SEG=0      :' 割り込みサービス・ルーチンの先頭アドレス      ( low,high )
1120 POKE I,&H0     :POKE I+1,&H0            ' ｵﾌｾｯﾄ(&h)  =  00 , 00
1130 POKE I+2,IL    :POKE I+3,IH             ' ｾｸﾞﾒﾝﾄ(&h) =  00 , 1E
1140 MPIC=INP(2)    :MSET=(MPIC AND MMSK):OUT &H2,MSET:OUT 0,MIRL  ' 割り込みコントローラ
1150 SPIC=INP(&HA):SSET=(SPIC AND SMSK):OUT &HA,SSET:OUT 8,SIRL   ' の前処理
1160 '
1170 DEF SEG=INTA             ' RAMｴﾘｱ, 機械語の先頭の宣言
1180 DIM DT1%,DT2%,FLG%,UV1%,DV1%,Z1%,OV1%,UV2%,DV2%,Z2%,OV2% '機械語サブルーチンとリンクするデータ、フラグ
1190 RESTORE 2060:FOR I=0 TO &H16F:READ X$:POKE I,VAL("&h"+X$):NEXT I
1200 X=VARPTR(DT1%,1):I=INT(X/256):POKE &H9,X-I*256:POKE &HA,I ' } データ、フラグの
1210 X=VARPTR(DT1%)  :I=INT(X/256):POKE &HE,X-I*256:POKE &HF,I ' } アドレスのセット
1220 RESTORE 2020:READ RD,WR,CLR,START1,STOP1,START2,STOP2      ' 機械語のサブルーチン
1230 UB=VAL("&H"+UPBYT$)          ' I/O ｱﾄﾞﾚｽ 上位バイトのセット
1240 RESTORE 2030:FOR I=1 TO 8:READ X$:POKE VAL("&H"+X$),UB :NEXT I
1250 DIM X$(5) : RESTORE 2040:FOR I=1 TO 5:READ X$(I):NEXT I
1260 '
1270 ON KEY GOSUB *START1,*START2,*STOP1,*STOP2,*CNTCLR
1280 FOR I=1 TO 5 : KEY(I) ON : NEXT I
1290 ON HELP GOSUB *ENDPROC    : HELP ON
1300 WIDTH 80,25   : CONSOLE 0,25,0,0   : LOCATE 60,24 : PRINT"｢HELP｣ｷｰ  ﾃﾞ end";
1310 LOCATE 27,3   : PRINT"[ channel 1 ]             [ channel 2 ]"
1320 LOCATE 12,6   : PRINT"counter"     : LOCATE 12,9   : PRINT"carry (UV)"
1330 LOCATE 12,11 : PRINT"borrow(DV)" : LOCATE 12,13 : PRINT"signal (Z)"
1340 LOCATE 12,16 : PRINT"over speed" : LOCATE  3,21
1350 COLOR 4:FOR I=1 TO 5:LOCATE 10*I-5,24:PRINT X$(I);:NEXT I    :COLOR 0
1360 GOTO *JOB
1370 '
1380 '......       basic  language  subroutine        ......
1390 *DISP
1400 LOCATE 31,6:IF DT1%>=0 THEN PRINT USING"#####";DT1%
                             ELSE PRINT USING"#####";65535!+DT1%
1410 LOCATE 53,6:IF DT2%>=0 THEN PRINT USING"#####";DT2%
                             ELSE PRINT USING"#####";65535!+DT2%
1420 LOCATE 32,9  : PRINT UV1% ; SPACE$(19) ; UV2%
1430 LOCATE 32,11 : PRINT DV1% ; SPACE$(19) ; DV2%
1440 LOCATE 32,13 : PRINT  Z1% ; SPACE$(19) ; Z2%
1450 LOCATE 32,16 : PRINT OV1% ; SPACE$(19) ; OV2%
1460 RETURN                                  '
1470 *START1  : CALL START1 : RETURN         '
1480 *START2  : CALL START2 : RETURN
1490 *STOP1   : CALL STOP1  : RETURN
1500 *STOP2   : CALL STOP2  : RETURN
1510 *CNTCLR  : CALL CLR    : CALL WR(IDT1%,IDT2%) : RETURN
1520 *ENDPROC
1530 CALL STOP1   : CALL STOP2
1540 OUT &H2,MPIC : OUT &HA,SPIC      ' 割り込みコントローラの後処理
1550 CONSOLE 0,25,1,0 : KEY OFF : HELP OFF : LOCATE 0,22 : END
1560 '
2000 '....  machine code subroutine  &  tuning data  ....
2010 '< ﾄﾞﾗｲﾌﾞ･ｻﾌﾞﾙｰﾁﾝ tuning data >----------------------
2020 DATA 0,&HE0,&H120,&H130,&H140,&H150,&H160
2030 DATA  7, 59, E7,123,133,143,153,163
2040 DATA "ch1 start","ch2 start","ch1  stop","ch2  stop","clr & set"
2050 '< 機械語の ｻﾌﾞﾙｰﾁﾝ >----------------------------------
2060 DATA 06,56,50,51,52,53,B6,00,B8,00,1E,8E,C0,B8,20,10 ' <RD>
2070 DATA 89,C6,B4,02,B2,DA,EC,88,C1,B2,DE,EC,88,C5,B2,D8
2080 DATA EC,88,C3,B2,DC,EC,88,C7,B2,DA,EC,38,C8,74,08,B1
2090 DATA 01,FE,CC,74,2C,EB,DD,B2,DE,EC,38,E8,74,08,B1,02
2100 DATA FE,CC,74,1D,EB,CE,87,DA,88,D0,88,CC,26,89,04,88
2110 DATA F0,88,EC,26,89,44,08,BA,D6,00,EC,26,88,44,10,B1
2120 DATA 00,B4,01,B5,00,80,E9,00,75,4A,26,88,6C,18,A8,80
2130 DATA 74,04,26,88,64,18,26,88,6C,20,A8,40,74,04,26,88
2140 DATA 64,20,26,88,6C,28,A8,20,74,04,26,88,64,28,26,88
2150 DATA 6C,38,A8,08,74,04,26,88,64,38,26,88,6C,40,A8,04
2160 DATA 74,04,26,88,64,40,26,88,6C,48,A8,02,74,04,26,88
2170 DATA 64,48,EB,1A,26,88,6C,30,F6,C1,01,74,04,26,88,64
2180 DATA 30,26,88,6C,50,F6,C1,02,74,04,26,88,64,50,5B,5A
2190 DATA 59,58,5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2200 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,B9,03,00,B2,D0,EC,8B,47 ' <WR>
2210 DATA 06,8E,C0,8B,77,04,26,8B,04,B2,D8,EE,88,E0,B2,DA
2220 DATA EE,8B,47,02,8E,C0,8B,37,26,8B,04,B2,DC,EE,88,E0
2230 DATA B2,DE,EE,E2,D6,5A,59,5B,58,5E,07,CF,90,90,90,90
2240 DATA 50,52,B6,00,B2,D0,EC,5A,58,CF,90,90,90,90,90,90 ' <CLR>
2250 DATA 50,52,B6,00,B2,D0,EE,5A,58,CF,90,90,90,90,90,90 ' <START1>
2260 DATA 50,52,B6,00,B2,D2,EE,5A,58,CF,90,90,90,90,90,90 ' <STOP1>
2270 DATA 50,52,B6,00,B2,D4,EE,5A,58,CF,90,90,90,90,90,90 ' <START2>
2280 DATA 50,52,B6,00,B2,D6,EE,5A,58,CF,90,90,90,90,90,90 ' <STOP1>
2290 '
2300 '
2310 '
3000 '          ***********************
3010 '........  **    ｼﾞｮﾌﾞ･ﾙｰﾁﾝ    **  ........
3020 '          ***********************
3030 '
3040 *JOB
3050 CALL CLR
3060 DT1%=1024    : DT2%=3000        ' カウンタのデータ
3070 CALL WR(DT1%,DT2%)              ' カウンタのデータの書き込み
3080 CALL START1 : CALL START2       ' スタート(gate open)
3090 CALL RD                         ' カウンタ、フラグの読み込み
3100 GOSUB *DISP
3110 GOTO 3090
```

〈リスト2-2〉
BASICで記述したコントロール・プログラム例

```
10 '
20 '
30 '
40 '    [  DIP₂ を "D"  ,  JP₃ を B (バイト・モード)   にする        ]
50 '
100 CLS : CONSOLE 3,22,0,0 : PRINT SPACE$(60);"「HELP」 キー デ stop"
110 PRINT"channel 1     channel 2          flag":LOCATE 0,3
120 ON HELP GOSUB *MENTHELP : HELP ON
130 '
140 C=INP(&HD0)                               ' リセット
150 DL1=8:DH1=1 : DL2=2:DH2=1                 ' カウンタ の初期値のセット
160 GOSUB *WR
170 OUT &HD0,0  : OUT &HD4,0                  ' スタート  (gate open)
180 '
190 GOSUB *RD
200 GOSUB *DISP
210 GOTO 190
220 '
230 *WR     '........................... カウンタ・データの書き込み
240 FOR I=1 TO 3
250 C=INP(&HD0)
260 OUT &HD8,DL1 : OUT &HDA,DH1
270 OUT &HDC,DL2 : OUT &HDE,DH2
280 NEXT I
290 RETURN
300 '
310 *RD     '........................... カウンタ・データの読み込み
320 DL1=INP(&HD8) : DH1=INP(&HDA)
330 DL2=INP(&HDC) : DH2=INP(&HDE)
340 RETURN
350 '
360 *DISP   '........................... 表示
370 C1=256*DH1+DL1 : C2=256*DH2+DL2
380 FLG$=HEX$(INP(&HD6))
390 PRINT USING"  #####          #####            &&";C1,C2,FLG$
400 RETURN
410 '
420 *ENDING
430 OUT &HD2,0  : OUT &HD6,0                  ' ストップ (gate close)
440 LOCATE 0,23 : END
450 '
460 *MENTHELP
470 HELP OFF : CONSOLE 0,25,1,0 : RETURN *ENDING
```

〈表2-3〉 リスト中の主要サブルーチン一覧

機械語サブルーチン名	内　容
CLR	両カウンタのゲートを閉じ，ステータス・フラグをクリアする
START1	チャネル1のカウンタ・ゲートを開く
START2	チャネル2のカウンタ・ゲートを開く
STOP1	チャネル1のカウンタ・ゲートを閉じる
STOP2	チャネル2のカウンタ・ゲートを閉じる
RD	両カウンタ値，ステータス・フラグを読み込み，指定変数に代入する
WR	指定変数（DT1%，DT2%）の値を両カウンタに書き込む

BASICサブルーチン名	内　容
＊DISP	読み込んだカウンタのデータ，ステータス・フラグをCRTに表示する
＊CNTCLR	両カウンタのゲートを閉じ，ステータス・フラグおよび両カウンタをクリアする
＊ENDPROC	両カウンタのゲートを閉じ，割り込みコントローラの後処理，CRTを初期化する

械語で記述した例をリスト2-1に，またBASICのみで記述したプログラム例をリスト2-2に示します．

いずれも操作内容を行中にコメントで記してありますから詳細は省略します．とくに前者のプログラム例では，操作の種類ごとに表2-3のようなサブルーチンを用意し，メイン・フロー(3000行以下)では，所望のサブルーチンを呼ぶだけで実用的なプログラムができます．

3 4ch直流SSR出力ボードの製作

最近では，リレーの代わりにSSR(ソリッド・ステート・リレー)が利用され，コンピュータによる電力制御が行われてきています．

SSRは機械的接点をもたないために，接点のアーク・ノイズ，接触不良などがなく，信頼性が高いといえます．また，SSRの入出力部は完全に絶縁されているため，外部の周辺ノイズ，誘導ノイズなどの影響に強く，安定に動作します．

駆動は，TTL出力で十分に動作することができるため，取り扱いが簡単で，FA制御用に多く使用されています．

ここで製作するボードは，直流負荷用SSRを4個搭載した，4ch直流SSRインターフェース・ボードで，PC9801シリーズの拡張I/Oスロットに挿入して使用するものです．

3-1 SSR出力ボードの仕様と構成

図3-1に，本ボードのブロック図を，図3-2には全回路を示します．

I/Oアドレス・デコーダは，A_1～A_{15}の15アドレスを使用し，ボード上のディップ・スイッチにより，先頭アドレスを任意に設定することができます．バスのデータは，D_0～D_{15}の16ビットですが，内部で使用するデータ信号は，偶数アドレス時はD_0～D_3，奇数アドレス時はD_8～D_{11}のそれぞれ4ビットを使用します．

4ビットのデータ信号は，LS175のラッチに入力され，出力$Q/\overline{Q}$各4ビットの出力になります．各$Q/\overline{Q}$はJ_2～J_5を通り，7404をドライバとして，各SSRに入力されます．J_2～J_5の切り替えによって，ボード電源投入時の各SSRの出力論理を設定することが可能です．

SSRの取り扱う電力は大きいため，ディジタル回路にノイズの影響がないように，SSR部は信号パターンの強化，配置などが考慮されています．外部との接続には，大電力に耐える圧着端子型の端子台を使用し，信頼性を上げており，外部との接続が簡単に行えるようになっています．

SSRの出力部は，四つの出力チャネルを独立して制御することができます．被制御直流電圧は200V(最大)，被制御直流電流は1A(定格)，1秒サージ電流は2A(最大)，出力応答時間は2.5ms(最大)であり，最大200VAの電力を制御することができます．表3-1にSSRの特性を示します．

3-2 本ボードの操作

操作の例としては，PC9801のBASICのI/O命令を用いて行います．このボードのI/O先頭アドレスは，ディップ・スイッチSW_1下位(A_1～A_7)，ディップ・スイッチSW_2上位(A_8～A_{15})によりアドレスを設定します．しかし，上位8ビットは機械語を使用した場合以外は，16進数で“００”を設定し，下位7ビットでデコードします．

ここではＤ０ｈ番地を先頭アドレスとしたときの例として表3-2にアドレスと機能を示します．次に，本ボードとN_{88}BASICで記述した例により，図3-3の参考回路例で説明します．接続にあたっては，回路の中で高い電圧を使用するので，感電，漏電，ショートなどに十分に注意し，電源の極性を正しく合わせ配線することが必要です．

今，チャネル1にDCモータが接続されています．モータをON/OFFする場合，次のようにキーボードから入力します．

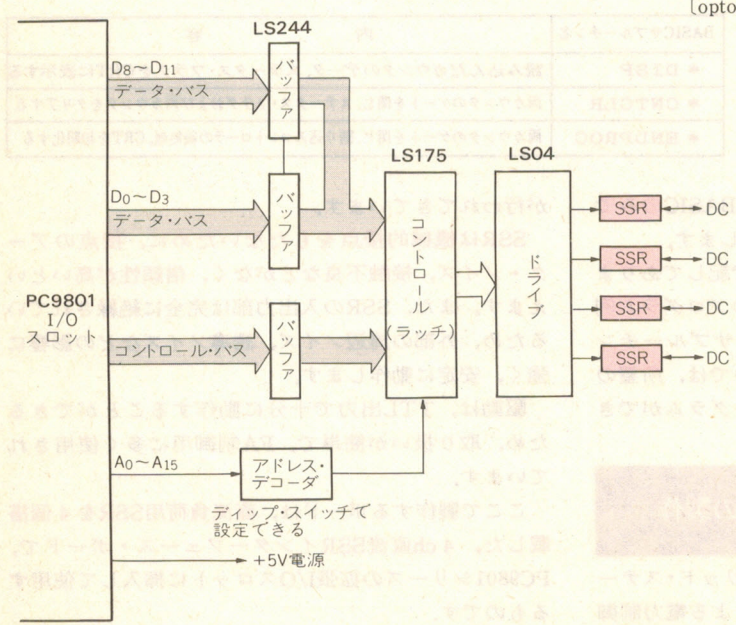
ＯＵＴ　＆ＨＤ０，１……………………………(1)

(1)を実行するとモータはONになり回転します．

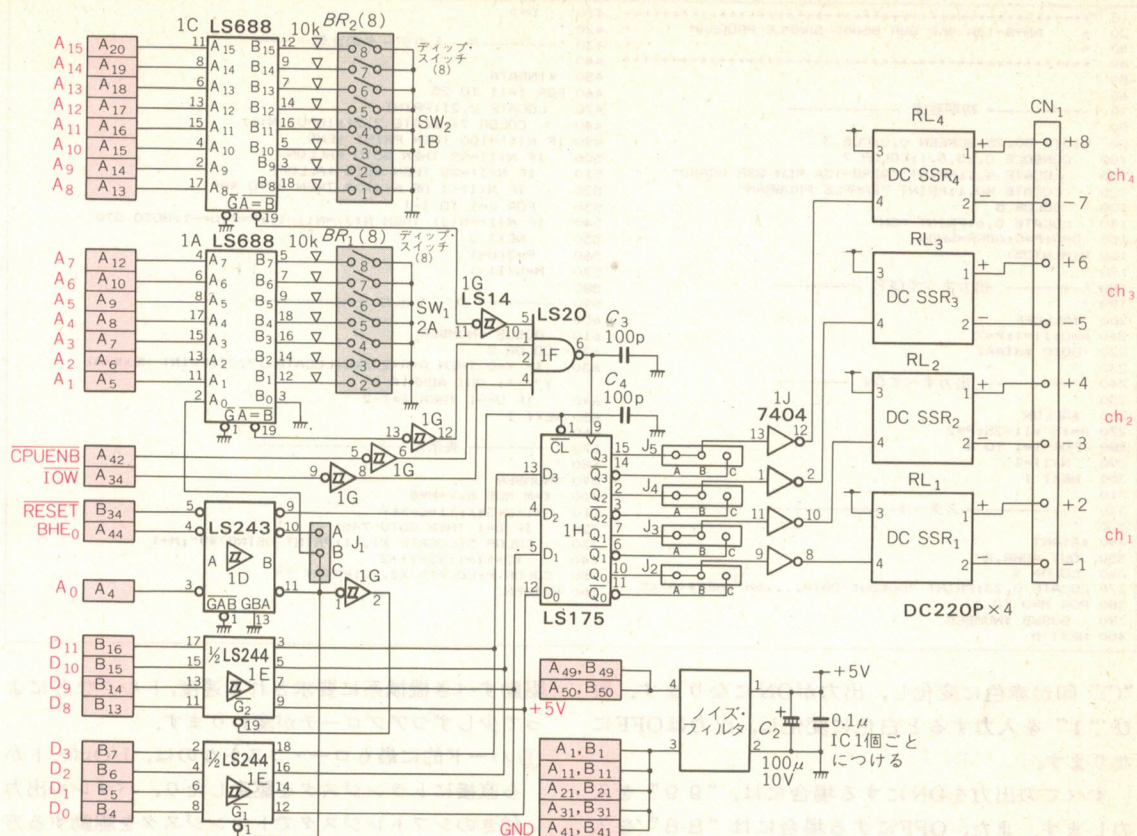
ＯＵＴ　＆ＨＤ０，０……………………………(2)

(2)を入力するとモータは停止します．

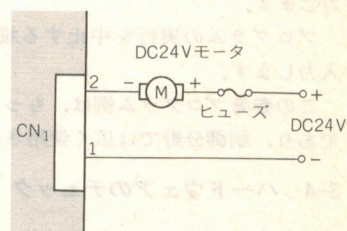
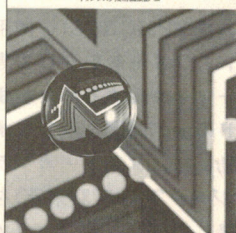
四つのチャネルすべてを，画面上で出力の状態を見ながら操作することができるプログラム例をリスト3-1に示します．このプログラムを実行すると，画面上にch_1～ch_4に対応する白色の“○”印が4個表示されます．キーボードから“1”を入力すると，ch_1の

〈図3-1〉 SSRボードのブロック図

〈表3-1〉 SSRの特性表(DC220P)
〔opto22製，山田工業㈱電子部扱い ☎03(778)2811〕

特性項目	値
定格主回路電圧(max)	200 V_{DC}
定格主回路動作電圧	4～200 V_{DC}
定格主回路電流(typ)	1 A
1秒サージ電流	2 A
開路時ブロック電圧	200 V_{DC}
閉路時電圧降下	1.5 V
開路時もれ電流	1 mA
入力電圧	3～32 V_{DC}
入力ピックアップ電圧	3 V_{DC}
入力ドロップアウト電圧	1 V_{DC}
入力抵抗	1 kΩ
ターンオン時間	0.1 ms
ターンオフ時間	0.75 ms
絶縁耐圧	4 kV(RMS)
使用可能動作温度範囲	－40～＋100℃

〈図3-2〉 4チャネルの直流SSRをコントロールするボードの回路

〈表3-2〉
I/Oアドレスの設定

	データ(下位4ビット)			
先頭アドレス	0	1	2	3
DOH	ch_1	ch_2	ch_3	ch_4

〈図3-3〉
モータを接続した例

〈リスト3-1〉動作チェック用プログラム

```
10 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
20 '+    AB98-13A 4hc SSR BOARD SAMPLE PROGRAM       +
30 '+                                                +
40 '++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
50 '
60 '
70 '------------ 初期設定 -------------
80 '
90  WIDTH 80,25:SCREEN 0,0:CLS 3
100   CONSOLE 0,25,0,1:COLOR 7
110    LOCATE 4,1:PRINT "AB98-13A 4CH SSR BOARD"
120    LOCATE 40,1:PRINT "SAMPLE PROGRAM"
130    COLOR 5
140   LOCATE 5,6:PRINT "CH"
150  D=0:P=0:ADRR=&HD0
160 DIM N(25)
170 '
180 '--------- 出力すべてOFF ---------
190 '
200  *ALLOFF
210 A=0:I1=1:P=7
220  GOTO *START
230  '
240  '---------- 出力すべてON --------
250  '
260  *ALLON
270 A=15 :I1=25:P=2
280  FOR I=1 TO 4
290   N(I)=I
300  NEXT I
310  '
320  '-------------スタート-------------
330  '
340 *START
350  OUT ADRR,A
360  COLOR 3
370 LOCATE 0,23:PRINT "output-DATA....&H";HEX$(A);"    "
380 FOR M=0 TO 3
390   GOSUB *NUMBER
400 NEXT M
410    D=1
420 '
430 '---------キー入力データの比較------
440 '
450  *INDATA
460 FOR I=I1 TO 25
470   LOCATE 2,21:PRINT "         "
480     COLOR 7:LOCATE 2,21:INPUT N(I)
490 IF N(I)=100 THEN PRINT :END
500   IF N(I)=99 THEN GOTO *ALLON
510    IF N(I)=88 THEN GOTO *ALLOFF
520     IF N(I)<1 OR N(I)>4 THEN GOTO 480
530    FOR J=1 TO I-1
540   IF N(I)=N(J) THEN N(J)=N(I-1):P=7:U=-1:GOTO 570
550     NEXT J
560    P=2:U=1
570   M=N(I)-1
580 '
590 '--------- ビット出力 ------------
600 '
610   GOSUB *NUMBER
620  COLOR 3
630   IF Y=0 THEN A=A+2^X*U:LOCATE 17,23:PRINT HEX$(A)
    ;"  ": OUT ADRR,A
640    IF U=-1 THEN I=I-2
650 NEXT I
660 '
670 '---------- 表示ルーチン ------------
680 '
690 *NUMBER
700  X=M MOD 8:Y=M¥8
710   X1=8+3*X:Y1=6+5*Y
720    IF D=1 THEN GOTO 740
730    COLOR 5:LOCATE X1,Y1:PRINT USING"##";M+1
740     X2=X1+1:Y2=Y1+2
750  COLOR P:LOCATE X2,Y2:PRINT ""
760 RETURN
```

“○”印が赤色に変化し，出力がONになります．再び“1”を入力すると白色に変化し，出力はOFFになります．

すべての出力をONにする場合には，“９９”を入力します．また，OFFにする場合には“８８”を入力します．

プログラムの実行を中止する場合は，“１００”を入力します．

この参考プログラム例は，もっとも基本的な使用法であり，制御分野では広く使用されています．

3-4 ハードウェアのチェック

プログラムにより，目的のデータがSSRに出力されているかどうかをチェックします．IC 1Jの7404の出力論理をテスタなど使用して調べてください．まず，次のプログラムを実行します．

```
OUT &HD0, 0
```

7404の出力はすべて“1”になり，電圧は約3.8Vになります．次に，

```
OUT &HD0, &H0F
```

を実行し，４ビットともに“0”，電圧が約0.6Vとなれば正常で，SSRユニットが動作します．IC 1Jの論理が指定データと異なる原因として，I/Oアドレスの設定が誤っていることが考えられます．

4 ステッピング・モータ制御ボードの製作

パソコンでステッピング・モータを駆動するには，駆動すべき機械系に要求される速度，トルクなどによって少しずつアプローチが変わります．

① ハード的に最もロー・コストなのは，I/Oポートから直接にトランジスタを駆動したり，パラレル出力付きのシフトレジスタでトランジスタを駆動する方法です．この方法はステッピング・モータの動きを直接CPUで制御することになるのでソフトの負担が重くなりますが，利点はロー・コストですから大量生産品向きといえるでしょう．

② 最近はステッピング・モータの直接制御を専用LSIに任せ，パソコンからは専用コマンドを与えるだけですむ方法が一般的で，この形のコントローラ・ボードが数社から発売されています．

③ 上記のいずれの場合も，ステッピング・モータの制御に高速・高トルクが要求されるときは定電流ドライブ回路が必要となるので，市販の専用ドライバを併用する方法が一般的です．

4-1 本ボードの仕様と構成

ここでは専用LSI（アンペール製PPMC101C）を使用した回路を２チャネル搭載し，I/Oポートを介して専用コマンドやステータス・データを授受する形としました（図4-1）．図4-2に本ボードの全回路図を示します．

ステッピング・モータの駆動には，フォト・カプラ付きのダーリントン・トランジスタTLP573（東芝）を使用して，パソコン側から絶縁しながら，最大で１Aの駆動能力を得ています．この他に，市販のステッピング・モータ・ドライバを使用するときに必要なパル

ス出力,回転方向信号，また，リミットおよび基準点スイッチ入力もフォト・カプラ絶縁としました．

4-2　ステッピング・モータ駆動回路

本ボードでは3～5相モータを制御することができます．図4-3にその接続例および計算例を示します．

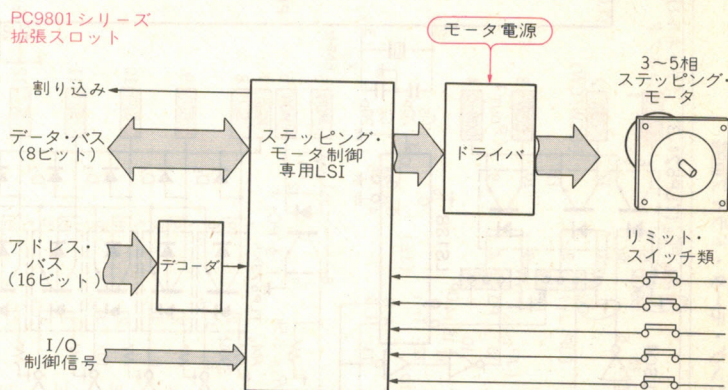
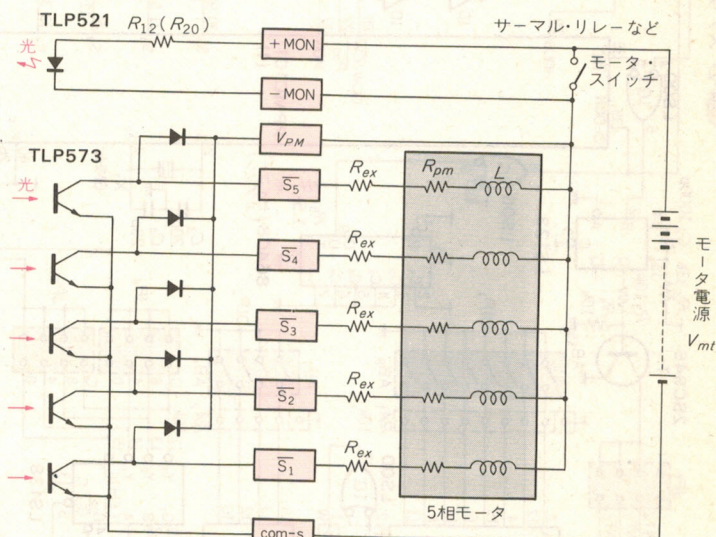
ステッピング・モータの駆動回路はLR直列回路ですから，その応答は時定数L/Rに依存します．図4-3でL, R_{pm}はステッピング・モータに固有の定数で，外付けの直列抵抗R_{ex}とあわせて時定数が決まりますから，R_{ex}を大きくするほど応答が速くなります．

その一方，R_{ex}を大きくするほど規格の電流を流すために必要な電源電圧が高くなり，電力効率が低下しますが，回路が簡単でコストが低いというメリットから小型モータの駆動に適しています．

この回路を使用する場合，ステッピング・モータの種類，負荷状態にもよりますが，約1000pps(ステップ/秒)程度まで回すことができます．より高速運転を行いたいときは，市販の定電流駆動ドライバに本ボードからパルスを送る方法があります($\overline{\mathrm{CW}}$，$\overline{\mathrm{CCW}}$)．この場合，PPMC101Cは5kppsまで制御することができます．

4-3　制御系モデル

ステッピング・モータによる代表的な制御系モデルを図4-4に示します．ここでキャリアはステッピング・モータの回転により直線上を移動するものとし，その移動範囲内に制御指標としてのリミット点L_1

〈図4-1〉
専用LSIによるステッピング・モータ制御

〈図4-3〉
ステッピング・モータの駆動用電源の接続例

【計算例】　上図の回路で5相モータPH564(オリエンタル・モータ製)を駆動することを考える．
(このモータの規格は，相電流I_{pm}＝0.75A，巻線抵抗R_{pm}＝2.5Ω)

$I_{pm}=(V_{mt}-V_{on})/(R_{ex}+R_{pm})$　　V_{on}＝1V(トランジスタの飽和電圧)

$\therefore R_{ex}=(V_{mt}-V_{on})/I_{pm}-R_{pm}$

V_{mt}＝5Vなら，　$=(5-1)/0.75-2.5=2.8\Omega$

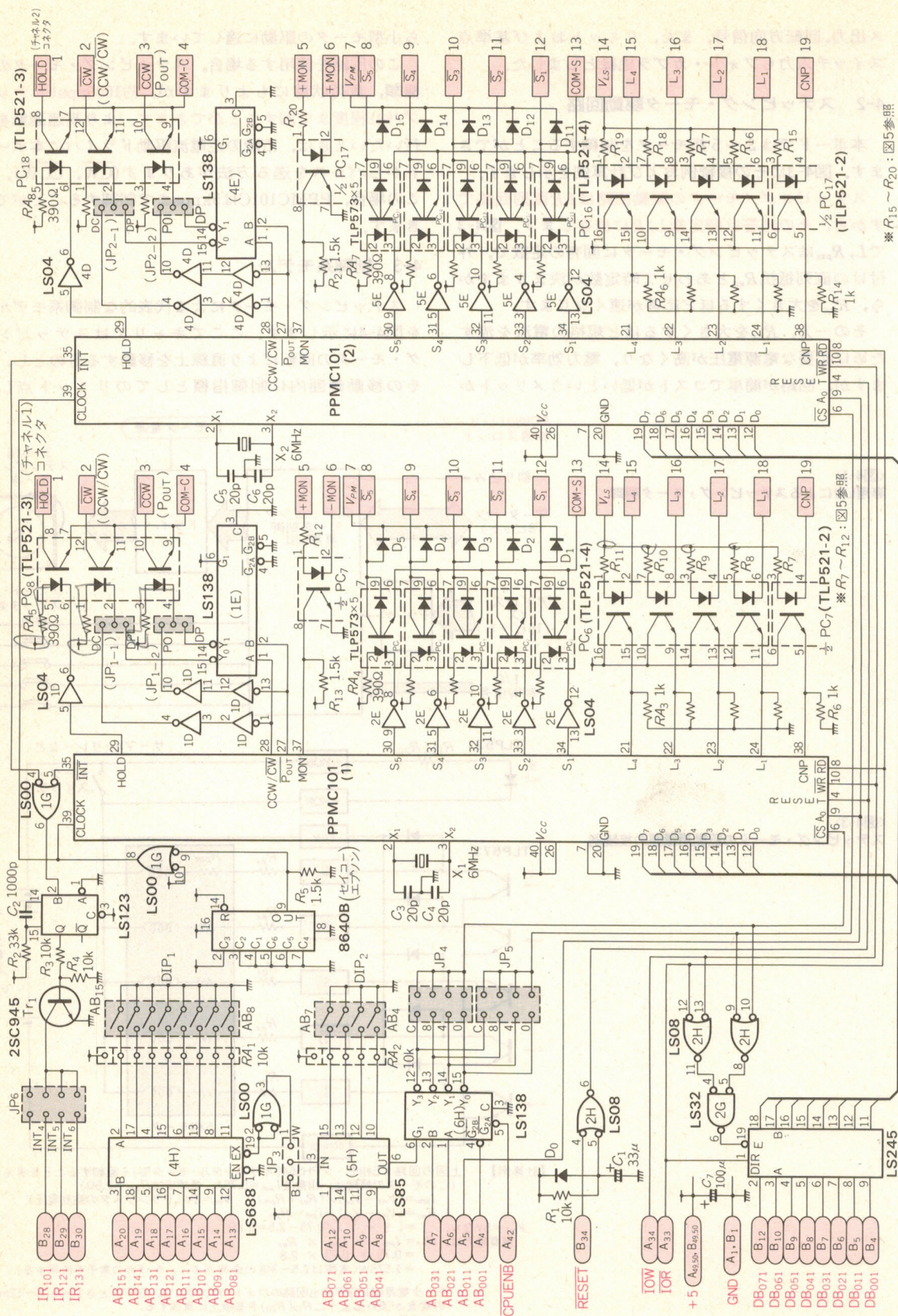
消費電力は，$P_{ex}=I_{pm}\times I_{pm}\times R_{ex}$

$=0.75\times0.75\times2.8$

$=1.575$W(実際は2.5～3倍の余裕をみて，4～5Wの素子を使用する)

モータ電源ON/OFF検出回路のフォト・カプラには，OFFのとき10mA(8～12mA)の電流が流れるように$R_{12}(R_{20})$を基板上に実装する．

$R_{12}(R_{20})=(V_{mt}-2)/0.01-(R_{pm}+R_{ex})$＝約300Ω

〈図4-2〉ステッピング・モータ・ドライブ回路

～L_4，および基準点CNPをマイクロスイッチ，フォト・インタラプタなどを使用して設定します(図4-5)．

▶絶対リミット点L_1，L_2

L_1, L_2はCW, CCW各方向のそれ以上動かすことのない位置に設定します．キャリアはL_1, L_2まで達すると，どのような動作命令であっても即停止します．

▶高速リミット点L_3, L_4

L_3, L_4はL_1, L_2の位置から減速ステップ数以上手前に設定します．キャリアはL_3, L_4に達すると初期設定データ(加減速パルス数)にしたがって減速停止します．

▶基準点CNP

システムの運転開始時や，モータが脱調して現在位置がわからないとき，“基準点まで定速移動”命令で復帰することができます．

4-4 CPUとのインターフェース

本ボードでは，PPMC101CをCPUのI/Oポートとして扱っています．

I/Oアドレスは，上位8ビットをディップ・スイッチDIP_1で，中位4ビットをDIP_2で割り付け，下位4ビットのデコード出力をJP_4(チャネル1)，JP_5(チャネル2)で選択します．

なお，JP_3はPC9801Fまでの旧機種をBASICのみで使用するとき，I/Oアドレスが下位8ビットしか有効でないため，B側に設定して上位8ビットを無視するためのジャンパ線です．

しかも，I/Oアドレスには空きが少なく，中位4ビットは通常Hex“D”しか使用できません．

PC9801M以降の機種では，BASICでも上位8ビットをHex“００”～“７Ｆ”まで使用できるので，JP_3はW側に設定し，Hex 4桁のI/Oアドレスを使用するとよいでしょう．

なお，機械語プログラム中では，新旧に関係なくHex 4桁のI/Oアドレスを使用することができます(表4-1参照)．

さて，こうしてPPMC101CをCPU側からみると，2出力ポート(書き込みレジスタ)，2入力ポート(読み出しレジスタ)となります．

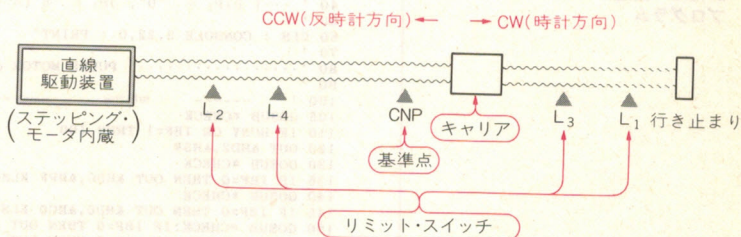
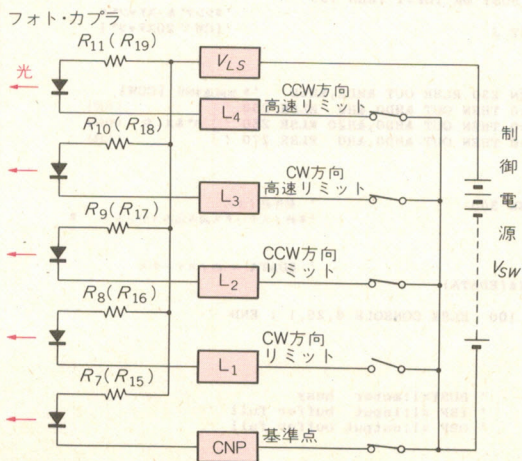
(1) 初期設定

モータの種類や励磁方式，加減速データなどを設定します．

〈表4-1〉I/Oアドレス割り付け表

ジャンパ設定 JP_4(チャネル1) JP_5(チャネル2)	I/Oアドレス(Hex表示)		
	書き込み	データ・レジスタ	コマンド・レジスタ
	読み出し	データ・レジスタ	ステータス・レジスタ
0		××D0	××D2
4		××D4	××D6
8		××D8	××DA
C		××DC	××DE

＊ DIPスイッチの各ビットはONが“0”，OFFが“1”に対応する．
＊ “××”はDIP_1による上位8ビット・アドレス($AB_{15 \sim 08}$)設定値 Hexの00～7F

〈図4-4〉制御系モデル

〈図4-5〉リミット・スイッチ，基準点スイッチの接続例

(a) $R_{7\sim11}$，および$R_{15\sim19}$の計算
各スイッチONのとき，入力フォト・カプラに10(8～12)mAの電流I_fが流れるような値とする．制御電源電圧をV_{SW}，フォト・カプラ入力発光ダイオードの電圧降下を約1Vとすると，
$V_{SW}=5$V, $I_f=10$mAならば$R=(V_{SW}-1)/I_f$
$=(5-1)/0.01$
$=400\Omega$

(b) リミット，基準点スイッチ素子
マイクロ・スイッチ，フォト・インタラプタなどを使用する．各接点はアクティブOFF(通常ONで動作時OFF)の構造のものを用いる．
システムによっては，これら制御指標の一部，または全部を省略することもあるが，そのときは，省略したスイッチ部分を短絡した回路となるように接続する．

(c) 制御電源
小型ステッピング・モータを使用する場合は，モータ電源と共用してもよい．

(2) 動作命令

具体的な動作命令(8種類ある)，パルス数などのデータを書き込みます．この直後500μs以内に命令の実行が始まります．

(3) レジスタ読み込み

動作終了後，入出力端子の状態，動作終了の原因，残りパルス数などを読み込むことができます．

以上の操作命令一覧表を表4-2に示します．各命令の詳細についてはLSIのマニュアルを参照してください．

4-5 操作プログラム例

リスト4-1にBASICのみで記述したプログラム例を示します．各行の意味は行末にコメントを付けてありますから，表4-2およびLSIのマニュアルと併読してください．

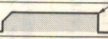
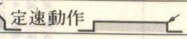
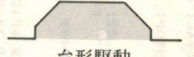
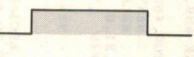
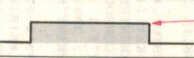
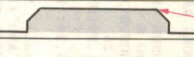
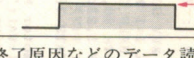
リスト4-2に実用的なプログラム例を示します．このプログラムでは，LSIの制御マシン・コードをBASICからCALL文で簡単に呼べる形の上位コマンド(1000～1290行)を用意し，ユーザは自身のメイン・フローの中でこれをコールするだけでステッピング・モータを制御できるものです．

各コマンドの最終文字"n"はモータのチャネル番号を，引数(variable：変数)の中ほどにあるH，M，Lは当引数がデータの上位バイト，中位バイト，下位バイトであることを表しています．

またWはワード(16ビット/2バイト)データであることを意味し，例えば"HMW"は上位バイト＋中位バイトからなるワード・データを表します．

コマンド"SEn"，"SDn"，"FC"には引数がなく，特に"FC"はLSIが動作コマンド実行終了後に要求する割り込みサービス・ルーチンでもあります．3000行以降がメイン・フローのプログラムです．

ほとんどの操作は，引数にパラメータを代入した後，CALL文で動作コマンドを呼ぶ形になっています．

◆参考・引用*文献◆

(1)*PPMC-101Cマニュアル，アンペール㈱．

(2) ディジタルIC活用完璧マスタ，§7シフトレジスタ，トランジスタ技術，1986年5月号，p. 390.

〈リスト4-1〉 BASICで記述したコントロール・プログラム

```
20 '
30 '
40 ' ･･･[ DIP2 を  "D", JP3 を  B (ﾊﾞｲﾄ･ﾓｰﾄﾞ), JP4 を  0 にする       ]･･･
50 '
60 CLS : CONSOLE 3,22,0 : PRINT"          「E」 ﾃﾞ ｽﾄｯﾌﾟ" : PRINT : PRINT
70 '
80 '..................  PULSE MOTOR driving JOB  ..................
90 '
100 '   ------      初期設定      ------
105 GOSUB *CHECK
110 IF BUSY OR IBF=1 THEN 100
120 OUT &HD2,&H3F                                     '* 初期設定コマンド     *
130 GOSUB *CHECK
135 IF IBF=0 THEN OUT &HD0,&HFF ELSE 130       ' RA max  ( 起動時のパルス・レート )
140 GOSUB *CHECK
145 IF IBF=0 THEN OUT &HD0,&HC0 ELSE 140       ' RA min  ( 高速時のパルス・レート )
150 GOSUB *CHECK:IF IBF=0 THEN OUT &HD0,&H0 ELSE 150 '} 加減速の(下位)
160 GOSUB *CHECK:IF IBF=0 THEN OUT &HD0,&H8 ELSE 160 '} パルス数(上位)
170 '
180 FOR I=1 TO 20
190 GOSUB *CHECK   : IF BUSY OR IBF=1 THEN 190
200 OUT &HD2,&H52                                     '*ｼﾝｸﾞﾙ･ｽﾃｯﾌﾟ*
205 FOR J=1 TO 500 : NEXT J                           '[CW で 20ｽﾃｯﾌﾟ]
210 NEXT I
220 '
230 GOSUB *CHECK
240 IF BUSY OR IBF=1 THEN 230 ELSE OUT &HD2,&H5B   '* 加減速動作  [CCW]
250 GOSUB *CHECK:IF IBF=0 THEN OUT &HD0,&H0  ELSE 250 '}            (下位)
260 GOSUB *CHECK:IF IBF=0 THEN OUT &HD0,&H20 ELSE 260 '} ﾊﾟﾙｽ  数   (中位)
270 GOSUB *CHECK:IF IBF=0 THEN OUT &HD0,&H0  ELSE 270 '}            (上位)
280 '
290 '
300 GOSUB *CHECK
310 IF BUSY OR IBF=1 THEN 300                    ' 動作終了まち
320 OUT &HD2,&H80                                '*終了ステータス読み込みコマンド   *
330 GOSUB *CHECK
340 IF OBF<>1 THEN 330
350 EDATA=INP(&HD0)                              ' EDATA = 終了ステータス
360 PRINT "EDATA = ";HEX$(EDATA)
370 '
380 IF INKEY$<>"E" THEN 100  ELSE CONSOLE 0,25,1 : END
390 '
400 '
500 *CHECK
510 F=INP(&HD2)
520 BUSY=(F AND &H4)/4      ' BUSY=1:motor  busy
530 IBF =(F AND &H2)/2      ' IBF =1:input  buffer full
540 OBF = F AND &H1         ' OBF =1:output buffer full
550 RETURN
```

			コマンド・データ	機能
初期設定		1 2 3 4 5	00 (起動時パルス・レート) (高速時パルス・レート) 加減速時パルス数	
動作命令	即停止	1	01　000	加減速動作　定速動作
	減速停止	1	01　001	加減速動作　定速動作
	シングル・ステップ	1	01　010	1パルス
	加減速動作	1 2 3 4	01　011 動作ステップ数	台形駆動　三角駆動 (動作ステップ数が少ないとき)
	定速動作	1 2 3 4 5	01　100 (定速パルス・レート) 動作ステップ数	
	リミットまで定速動作	1 2	01　101 (定速パルス・レート)	リミット・スイッチ L_1 or L_2点
	減速リミットまで動作	1	01　110	リミット・スイッチ L_3 or L_4点
	基準点まで定速動作	1 2	01　111 (定速パルス・レート)	基準点CNP点
レジスタ読み込み	終了データ	1	10000000	終了原因などのデータ読み込み　1バイト
	入力信号	1	10000001	リミット・スイッチなどのデータ読み込み　1バイト
	出力信号	1	10000010	モータ相出力や方向データの読み込み　1バイト
	残りステップ数	1	10000011	残ったステップ数の読み込み　3バイト

〈表4-2〉
ステッピング・モータの
コントロール用LSIの命令
一覧表

〈リスト4-2〉サブルーチン形式で利用しやすくしたコントロール・プログラム

```
100 '
110 '
120 '
130 '    ......[ DIP2 を  "D" , JP3 を  W (ワード・モード) にする          ]......
140 '
150 CLEAR ,&H1E00          : IH=&H1E:IL=&H0        ' 割り込み処理ルーチンの先頭セグメント
160 INTA=256*IH+IL         '┌ RAM を増設しているかまたは,日本語BASICシステムを使用している
                            └  場合は,   "1E00"  を   "3E00"  などと変更する(2箇所)
170 DEF FNDM(A$)=(VAL("&H"+LEFT$(A$,1) )-12)*-4
                -(VAL("&h"+RIGHT$(A$,1))-14)*16
180 DEF FNIC(A$)=(ASC(LEFT$(A$,1) )-&H4E)/5*32+(ASC(MID$(A$,2,1))-&H49)/-4*16
                +(ASC(MID$(A$,3,1))-&H4E)/2*8 +(VAL(MID$(A$,4,1))-2    )*-4
                +(VAL(RIGHT$(A$,1))-2)
190 '
200 '──────────────────── パラメータ の設定 ────────────────────
210 INTRPT=6           ' 割り込みライン (INT6) ; INT0,4,5 ならば    INTRPT=0,4,5 (JP6 )
220 PMOTOR=2           ' 使用するステッピング・モータの個数
230 UPBYT12$="00"      ' I/O  アドレス   上位  1バイト  の設定          (&H00~FF ; DIP1 )
240 LWNIB1$="0"        ' pmotor No.1   ; I/O アドレス  下位 1ニブル の設定          (JP4 )
250 LWNIB2$="4"        ' pmotor No.2   ; I/O アドレス  下位 1ニブル の設定          (JP5 )
260 '
1000 '┌──────────────────[  コマンド・テーブル  ]──────────────────┐
1010 '
1020 '     <<<  COMMAND  >>>                          << variable >>
1030 '< ISn > ··· 初期設定                          : INITn%,MAXn%,MINn%,APHLWn%
1040 '< CMn > ··· 定速動作                          : MODEn%,CNTn%,MPLn%,MPHMWn%
1050 '< AMn > ··· 加減速動作                        : MODEn%,MPLn%,MPHMWn%
1060 '< SSn > ··· シングル・ステップ                : MODEn%
1070 '< MLn > ··· リミットまで定速移動              : MODEn%,CNTn%
1080 '< MHn > ··· 高速リミットまで高速移動          : MODEn%            ┌ BSY%="00000011"  ┐
1090 '< MBn > ··· 基準点まで定速移動                : MODEn%,CNTn%      └ ならば No.1,2 が busy ┤
1100 '< SEn > ··· 即停止                            :  ──    ┌──────────────────────┐ │
1110 '< SDn > ··· 減速停止                          :  ──    │ n:ステッピング・モータ device No. │ │
1120 '< ESn > ··· 終了ステータス読み込み            : ENDSn%  │ Wつき変数はワード・データ        │ │
1130 '< IDn > ··· 入力信号読み込み                  : IDATn%  │ Wなし変数はバイト・データ        │ │
1140 '< ODn > ··· 出力信号読み込み                  : ODATn%  └──────────────────────┘ │
1150 '< RPn > ··· 残りパルス数の読み込み            : RPLn% ,RPHMWn%                      │
1160 '< FC  > ··· モータ busy フラグのチェック        (BSY%; 現在 busyのモータ・コード     ) ─┘
1170 '            [割り込みの処理ルーチン]           (SMT%; 最後にストップしてそのままのモータ番号)
1180 '
1190 '    <<<  function  >>>
1200 '  FNIC :  初期設定コマンドの変換関数          ··· INITn%=FNIC("xyzmn")
1210 '      x ··· S , N   : モータ停止時の励磁出力スイッチング            ; Switch , No
1220 '      y ··· I , E   : クロック:  内部(Inner)=12.5kHz,   外部(Ext)=100kHz
1230 '      z ··· N , P   : 励磁出力論理レベル                ; Negative , Positive
1240 '      m ··· 0 , 1   : 励磁方式       ; 「0」:2相励磁   , 「1」:1-2 or 2-3 相励磁
1250 '      n ··· 3,4,5   : モータ種別コード     ; 3相モータ , 4相モータ , 5相モータ
1260 '
1270 '  FNDM :  モータ運転モード変換関数         ··· MODEn%=FNDM("xy")
1280 '      x ··· C , A   : モータ回転方向        ; Clock wise , Anti clock wise
1290 '      y ··· E , D   : 終了割り込みマスク    ; Enable     , Disable
1300 '└──────────────────────────────────────────────────────────────┘
1310 '
1320 '                 割り込み処理の初期設定
1330  IF INTRPT=6 THEN I=&H54:MMSK=&H7F:MIRL=&H67:SMSK=&HDF:SIRL=&H65:GOTO 1350
 ELSE IF INTRPT=5 THEN I=&H50:MMSK=&H7F:MIRL=&H67:SMSK=&HEF:SIRL=&H64:GOTO 1350
 ELSE IF INTRPT=4 THEN I=&H48:MMSK=&H7F:MIRL=&H67:SMSK=&HFB:SIRL=&H62:GOTO 1350
1340  IF INTRPT=0 THEN I=&H2C:MMSK=&HF7:MIRL=&H63:SMSK=&HFF:SIRL=&H67 ELSE END
1350 DEF SEG=0     :' 割り込みサービス・ルーチンの先頭アドレス       ( low,high )
1360 POKE I,&H0    :POKE I+1,&H0         :' オフセット(&h) =  00 , 00
1370 POKE I+2,IL   :POKE I+3,IH          :' セグメント(&h)=  00 , 1E
1380 MPIC=INP(2)   :MSET=(MPIC AND MMSK):OUT &H2,MSET:OUT 0,MIRL   '割り込みコントローラ
1390 SPIC=INP(&HA):SSET=(SPIC AND SMSK):OUT &HA,SSET:OUT 8,SIRL    'の前処理
1400 '
1410 DEF SEG=INTA      ' RAMエリア,機械語先頭の宣言
1420 DIM BSY%,SMT%     ' 割り込み処理ルーチンとリンクする変数の宣言
1430 X=VARPTR(BSY%,1):I=INT(X/256):POKE &HF0,X-I*256:POKE &HF1,I
1440 X=VARPTR(BSY%)  :I=INT(X/256):POKE &HFB,X-I*256:POKE &HFC,I
1450 RESTORE 2020:FOR I=0 TO &H52 :READ X$:POKE I,VAL("&h"+X$):NEXT I
1460 FC=0  : POKE &H8,IL : POKE &H9,IH : UB12=VAL("&h"+UPBYT12$)
1470 '
1480 ON KEY GOSUB *ESTOP,*SDSTOP,*HLSTOP1,*CLSTOP1,*HLSTOP2,*CLSTOP2
1490 FOR I=1 TO 6 : KEY(I) ON : NEXT I
  : ON HELP GOSUB *MENTHELP  : HELP ON
1500 WIDTH 80,25  : CONSOLE 0,21,0  :LOCATE 60,22: PRINT"「HELP」キー デ ストップ":
 LOCATE 3,23: PRINT"f·1 : ソクテイシ  ,";         "  f·2 : ゲンソク テイシ  ,  No.1 - リミット
 ( f·3 : テイソク , f·4 : コウソク )"
1510 LOCATE 39,24: PRINT"No.2 - リミット ( f·5 : テイソク , f·6 : コウソク )"  : LOCATE 0,0
1520 '
1530 'pmotor No.1  サブルーチン
1540 LB1=VAL("&hD"+LWNIB1$) : LBC1=LB1+2 :POKE &H12,LBC1
1550 RESTORE 2090:FOR I=&H1000 TO &H1382 :READ X$:POKE I,VAL("&h"+X$) :NEXT I
1560 RESTORE 2680:READ IS1,CM1,AM1,SS1,ML1,MH1,MB1,SE1,SD1,ES1,ID1,OD1,RP1
1570 RESTORE 2700:FOR I=1 TO 13:READ X$:POKE VAL("&H"+X$)+&H1000,UB12 :NEXT I
1580 RESTORE 2710:FOR I=1 TO 16:READ X$:POKE VAL("&H"+X$)+&H1000,LBC1 :NEXT I
1590 RESTORE 2720:FOR I=1 TO 19:READ X$:POKE VAL("&H"+X$)+&H1000,LB1  :NEXT I
1600 POKE &H1335,IL : POKE &H1336,IH : POKE &H1346,&HFE : POKE &H1348,1
1610 POKE &H1365,IL : POKE &H1366,IH : POKE &H1376,&HFE : POKE &H137A,1
1620 IF PMOTOR=1 THEN *JOB
1630 'pmotor No.2  サブルーチン
1640 LB2=VAL("&hD"+LWNIB2$) : LBC2=LB2+2 :POKE &H1D,LBC2
1650 RESTORE 2090:FOR I=&H1400 TO &H1782 :READ X$:POKE I,VAL("&h"+X$) :NEXT I
1660 RESTORE 2690:READ IS2,CM2,AM2,SS2,ML2,MH2,MB2,SE2,SD2,ES2,ID2,OD2,RP2
1670 RESTORE 2700:FOR I=1 TO 13:READ X$:POKE VAL("&H"+X$)+&H1400,UB12 :NEXT I
1680 RESTORE 2710:FOR I=1 TO 16:READ X$:POKE VAL("&H"+X$)+&H1400,LBC2 :NEXT I
1690 RESTORE 2720:FOR I=1 TO 19:READ X$:POKE VAL("&H"+X$)+&H1400,LB2  :NEXT I
1700 POKE &H1735,IL : POKE &H1736,IH : POKE &H1746,&HFD : POKE &H1748,2
1710 POKE &H1765,IL : POKE &H1766,IH : POKE &H1776,&HFD : POKE &H177A,2
1720 IF PMOTOR=2 THEN *JOB
1730 '
1740 '
1750 *ENDING
1760 PRINT:PRINT"* END *" : SMT%=1:GOSUB *ENDSTAT   : SMT%=2:GOSUB *ENDSTAT
1770 KEY OFF   :HELP OFF  : OUT &H2,MPIC:OUT &HA,SPIC: CONSOLE 0,25 :END
1780 *ESTOP     : CALL SE1 : CALL SE2 : RETURN *ENDING
1790 *SDSTOP    : CALL SD1 : CALL SD2 : RETURN *ENDING
1800 *HLSTOP1   : CALL SE1 : RETURN
1810 *HLSTOP2   : CALL SE2 : RETURN
1820 *CLSTOP1   : CALL SD1 : RETURN
1830 *CLSTOP2   : CALL SD2 : RETURN
1840 *ENDWAIT1 : CALL FC   : WHILE (BSY% AND 1)<>0:CALL FC    :WEND   :RETURN
1850 *ENDWAIT2 : CALL FC   : WHILE (BSY% AND 2)<>0:CALL FC    :WEND   :RETURN
1860 *INTWAIT1 : WHILE (BSY% AND 1)<>0  :WEND    :CALL ES1(ENDS1%) :RETURN
1870 *INTWAIT2 : WHILE (BSY% AND 2)<>0  :WEND    :CALL ES2(ENDS2%) :RETURN
1880 *ENDSTAT  : PRINT     : ON SMT% GOTO 1890,1930
1890 CALL ES1(ENDS1%) :PRINT"ESTATUS 1  = ";HEX$(ENDS1%)
1900 CALL ID1(IDAT1%) :PRINT"INPDATA 1  = ";HEX$(IDAT1%)
1910 CALL OD1(ODAT1%) :PRINT"OUTDATA 1  = ";HEX$(ODAT1%)
1920 CALL RP1(RPL1%,RPHMW1%) :PRINT"RESIDUAL 1 =";256*RPHMW1%+RPL1% :RETURN
1930 CALL ES2(ENDS2%) :PRINT"ESTATUS 2  = ";HEX$(ENDS2%)
1940 CALL ID2(IDAT2%) :PRINT"INPDATA 2  = ";HEX$(IDAT2%)
1950 CALL OD2(ODAT2%) :PRINT"OUTDATA 2  = ";HEX$(ODAT2%)
1960 CALL RP2(RPL2%,RPHMW2%) :PRINT"RESIDUAL 2 =";256*RPHMW2%+RPL2% :RETURN
1970 '
1980 *BB :BEEP 1:FOR I=1 TO 200:NEXT I :BEEP 0:FOR I=1 TO 200:NEXT I:RETURN
1990 *MENTHELP  : RETURN *ENDING
```

〈リスト4-2〉サブルーチン形式で利用しやすくしたコントロール・プログラム(つづき)

```
2000 '
2010 '....  machine code subroutine  &  tuning data  ....
2020 '< FC ; motor BUSY ﾌﾗｸﾞのﾁｪｯｸ >----------------------
2030 DATA 1E,06,50,53,52,B6,00,B8,00,1E,8E,C0,26,8E,1E,F0
2040 DATA 00,B2,D2,EC,24,04,D0,E8,D0,E8,88,C4,B2,D6,EC,24
2050 DATA 04,D0,E8,00,C4,26,8B,1E,FB,00,8A,07,38,C4,75,05
2060 DATA B0,00,E9,0F,00,88,27,28,E0,88,C4,B0,00,F8,FE,C0
2070 DATA D0,DC,73,FA,88,47,08,B0,20,E6,08,E6,00,5A,5B,58
2080 DATA 07,1F,CF
2090 '< PMOTOR-x  ﾄﾞﾗｲﾌﾞのｻﾌﾞﾙｰﾁﾝ >------------------------
2100 DATA 50,52,B2,D2,EC,24,02,75,FB,5A,58,C3,90,90,90,90
2110 DATA 50,52,B2,D2,EC,24,01,74,FB,5A,58,C3,90,90,90,90
2120 DATA 50,52,B2,D2,EC,24,06,75,FB,5A,58,C3,90,90,90,90
2130 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,8B,4F,0E,8E,C1,8B,77,0C
2140 DATA 26,8A,04,E8,DA,FF,B2,D2,EE,8B,4F,0A,8E,C1,8B,77
2150 DATA 08,26,8A,04,E8,A9,FF,B2,D0,EE,8B,4F,06,8E,C1,8B
2160 DATA 77,04,26,8A,04,E8,98,FF,B2,D0,EE,8B,4F,02,8E,C1
2170 DATA 8B,37,26,8B,04,E8,88,FF,B2,D0,EE,88,E0,E8,80,FF
2180 DATA B2,D0,EE,5A,59,5B,58,5E,07,CF,90,90,90,90,90,90
2190 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,8B,4F,0E,8E,C1,8B,77,0C
2200 DATA 26,8A,04,04,44,E8,78,FF,B2,D2,EE,8B,4F,0A,8E,C1
2210 DATA 8B,77,08,26,8A,04,E8,47,FF,B2,D0,EE,8B,4F,06,8E
2220 DATA C1,8B,77,04,26,8A,04,E8,36,FF,B2,D0,EE,8B,4F,02
2230 DATA 8E,C1,8B,37,26,8B,04,E8,26,FF,B2,D0,EE,88,E0,E8
2240 DATA 1E,FF,B2,D0,EE,E8,48,02,5A,59,5B,58,5E,07,CF,90
2250 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,8B,4F,0A,8E,C1,8B,77,08
2260 DATA 26,8A,04,04,43,E8,18,FF,B2,D2,EE,8B,4F,06,8E,C1
2270 DATA 8B,77,04,26,8A,04,E8,E7,FE,B2,D0,EE,8B,4F,02,8E
2280 DATA C1,8B,37,26,8B,04,E8,D7,FE,B2,D0,EE,88,E0,E8,CF
2290 DATA FE,B2,D0,EE,E8,F9,01,5A,59,5B,58,5E,07,CF,90,90
2300 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,8B,4F,02,8E,C1,8B,77,00
2310 DATA 26,8A,04,04,42,E8,C8,FE,B2,D2,EE,E8,C2,FE,5A,59
2320 DATA 5B,58,5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2330 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,8B,4F,06,8E,C1,8B,77,04
2340 DATA 26,8A,04,04,45,E8,98,FE,B2,D2,EE,8B,4F,02,8E,C1
2350 DATA 8B,77,00,26,8A,04,E8,67,FE,B2,D0,EE,E8,91,01,5A
2360 DATA 59,5B,58,5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2370 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,8B,4F,02,8E,C1,8B,77,00
2380 DATA 26,8A,04,04,46,E8,58,FE,B2,D2,EE,E8,62,01,5A,59
2390 DATA 5B,58,5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2400 DATA 06,56,50,53,51,52,B6,00,8B,4F,06,8E,C1,8B,77,04
2410 DATA 26,8A,04,04,47,E8,28,FE,B2,D2,EE,8B,4F,02,8E,C1
2420 DATA 8B,77,00,26,8A,04,E8,F7,FD,B2,D0,EE,E8,21,01,5A
2430 DATA 59,5B,58,5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2440 DATA 50,52,B6,00,B2,D2,EC,24,06,3C,04,75,03,B0,40,EE
2450 DATA E8,2D,01,5A,58,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2460 DATA 50,52,B6,00,B2,D2,EC,24,06,3C,04,75,08,B0,41,EE
2470 DATA EC,24,04,75,FB,E8,08,01,5A,58,CF,90,90,90,90,90
2480 DATA 06,56,50,53,52,B6,00,8E,47,02,8B,37,E8,B1,FD,B0
2490 DATA 80,B2,D2,EE,E8,99,FD,B2,D0,EC,26,88,04,5A,5B,58
2500 DATA 5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2510 DATA 06,56,50,53,52,B6,00,8E,47,02,8B,37,E8,81,FD,B0
2520 DATA 81,B2,D2,EE,E8,69,FD,B2,D0,EC,26,88,04,5A,5B,58
2530 DATA 5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2540 DATA 06,56,50,53,52,B6,00,8E,47,02,8B,37,E8,51,FD,B0
2550 DATA 82,B2,D2,EE,E8,39,FD,B2,D0,EC,26,88,04,5A,5B,58
2560 DATA 5E,07,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2570 DATA 06,56,50,53,52,B6,00,E8,26,FD,B0,83,B2,D2,EE,8E
2580 DATA 47,06,8B,77,04,E8,08,FD,B2,D0,EC,26,88,04,8E,47
2590 DATA 02,8B,37,E8,FA,FC,B2,D0,EC,88,C3,E8,F2,FC,B2,D0
2600 DATA EC,88,C4,88,D8,26,89,04,5A,5B,58,5E,07,CF,90,90
2610 DATA 1E,06,50,53,B8,00,1E,8E,C0,26,8E,1E,F0,00,26,8B
2620 DATA 1E,FB,00,8A,07,24,FE,04,01,88,07,B0,00,88,47,08
2630 DATA 5B,58,07,1F,C3,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90,90
2640 DATA 1E,06,50,53,B8,00,1E,8E,C0,26,8E,1E,F0,00,26,8B
2650 DATA 1E,FB,00,8A,07,24,FE,88,07,B0,01,88,47,08,5B,58
2660 DATA 07,1F,C3
2670 '< ﾄﾞﾗｲﾌﾞ・ｻﾌﾞﾙｰﾁﾝ tuning data >----------------------
2680 DATA &H1030,&H1090,&H10F0,&H1140,&H1170,&H11B0,&H11E0,
     &H1220,&H1240,&H1260,&H1290,&H12C0,&H12F0
2690 DATA &H1430,&H1490,&H14F0,&H1540,&H1570,&H15B0,&H15E0,
     &H1620,&H1640,&H1660,&H1690,&H16C0,&H16F0
2700 DATA  37, 97, F7,147,177,1B7,1E7,223,243,266,296,2C6,2F6
2710 DATA   3, 13, 23, 47, A9,109,159,189,1C9,1F9,225,245,272,
          2A2,2D2,2FD
2720 DATA  58, 69, 79, 81, BA, CB, DB, E3,11A,12A,132,19A,20A,
          278,2A8,2D8,309,317,31F
2730 '
2740 '
3000 *JOB  '        ***********************************
3010 '..............  **   PULSE MOTOR driving JOB   ** ..............
3020 '              ***********************************
3030 '
3040 INIT1%=FNIC("SEP15"):MAX1%=&HFF:MIN1%=&H80:APHLW1%=&H800
3050 CALL IS1(INIT1%,MAX1%,MIN1%,APHLW1%)          ' No.1 初期設定
3060 '
3070 INIT2%=FNIC("SEP15"):MAX2%=&HFF:MIN2%=&H80:APHLW2%=&H800
3080 CALL IS2(INIT2%,MAX2%,MIN2%,APHLW2%)          ' No.2 初期設定
3090 '
3100 PRINT SPACE$(0);"No.1  -  ﾃｲｿｸ  ﾄﾞｳｻ":PRINT
3110 MODE1%=FNDM("AE"):CNT1%=&HE0:MPL1%=&H0:MPHMW1%=&H8
3120 CALL CM1(MODE1%,CNT1%,MPL1%,MPHMW1%)          ' No.1・定速動作
3130 GOSUB *BB : GOSUB *INTWAIT1
3140 '
3150 PRINT SPACE$(40);"No.2  -  ﾃｲｿｸ  ﾄﾞｳｻ":PRINT
3160 MODE2%=FNDM("CE"):CNT2%=&HD8:MPL2%=&H0:MPHMW2%=&H7
3170 CALL CM2(MODE2%,CNT2%,MPL2%,MPHMW2%)          ' No.2 定速動作
3180 GOSUB *BB : GOSUB *INTWAIT2
3190 '
3200 MODE1%=FNDM("CD"):CNT1%=&HD0:MPL1%=&H0:MPHMW1%=&HA
3210 CALL CM1(MODE1%,CNT1%,MPL1%,MPHMW1%) : PRINT"No.1  -  ﾃｲｿｸ  ﾄﾞｳｻ";
3220 '
3230 MODE2%=FNDM("AD"):CNT2%=&HF0:MPL2%=&H0:MPHMW2%=&HB
3240 CALL CM2(MODE2%,CNT2%,MPL2%,MPHMW2%)
3250 PRINT SPACE$(21);"No.2  -  ﾃｲｿｸ  ﾄﾞｳｻ":PRINT : GOSUB *BB : GOSUB *ENDWAIT2
3260 '
3270 MODE1CE%=FNDM("AE"):MPL1%=&H5 :MPHMW1%=&H18
3280 CALL AM1(MODE1CE%,MPL1%,MPHMW1%) : PRINT"No.1  -  ｶｹﾞﾝｿｸ ﾄﾞｳｻ":PRINT
3290 GOSUB *BB : GOSUB *INTWAIT1
3300 '
3310 PRINT"No.1  -  ｼﾝｸﾞﾙ ｽﾃｯﾌﾟ":PRINT
3320 FOR I=1 TO 10   : CALL SS1(MODE1%)  :FOR J=1 TO 600:NEXT J,I
3330 '
3340 GOSUB *ENDSTAT ': GOTO *JOB
3350 '
3360 PRINT:PRINT"No.1  -  ｷｼﾞｭﾝﾃﾝ ﾏﾃﾞ ｲﾄﾞｳ     ( 「ｷｼﾞｭﾝﾃﾝ」 ﾆｭｳﾘｮｸ ｦ set ｼﾃｸﾀﾞｻｲ )
"   :PRINT
3370 CALL MB1(MODE1CE%,CNT1%)   :GOSUB *BB:GOSUB *INTWAIT1  ' 基準点まで移動
3380 '
3390 PRINT:PRINT"No.1  -  ｺｳｿｸﾘﾐｯﾄ ﾏﾃﾞ ｲﾄﾞｳ    ( 「CW - ｺｳｿｸﾘﾐｯﾄ」 ﾆｭｳﾘｮｸ ｦ set ｼﾃｸ
ﾀﾞｻｲ )"  :PRINT
3400 CALL MH1(MODE1%)            :GOSUB *BB:GOSUB *ENDWAIT1  ' 高速リミットまで移動
3410 '
3420 PRINT:PRINT"No.1  -  ﾘﾐｯﾄ ﾏﾃﾞ ﾃｲｿｸｲﾄﾞｳ    ( 「CCW - ﾘﾐｯﾄ」 ﾆｭｳﾘｮｸ ｦ set ｼﾃｸﾀﾞｻ
ｲ )"    :PRINT
3430 CALL ML1(MODE1CE%,CNT1%)   :GOSUB *BB:GOSUB *INTWAIT1  ' ﾘﾐｯﾄ まで定速移動
3440 '
3450 FOR I=1 TO 10:CALL SS1(MODE1%):GOSUB *INTWAIT1 :FOR J=1 TO 600:NEXT J,I
                                                       ' No.1 ｼﾝｸﾞﾙ・ｽﾃｯﾌﾟ
3460 '
3470 GOTO *JOB          ' 終了ならば 「GOTO *ENDING」 とする
3480 '
```

第六章　石田優作／大久信広／沢井敏克

PC9801用グレードアップ・インターフェース・ボードの作り方

本章では，PC9801をグレードアップするためのマウス・インターフェース・ボード，音声処理用ボード，ロジック・アナライザなどの作り方を詳細に解説します．

1 マウス・インターフェース・ボードの製作

最近のパソコンには，ほとんどといってよいほどマウスのインターフェースが標準装備されるようになってきました．筆者のPC9801F2は残念ながらマウス・インターフェースをもっていません．

しかし，マウス・インターフェース用のICが発売されていますから，自分でマウスのインターフェースを作ることが可能です．そこで，PC9801シリーズ用マウス・インターフェースの作り方と，マウスを使うためのBIOSの紹介をします．

インターフェースのタイミングなどで難しい点はありませんので，他のパソコンで使うことも簡単にできると思います．

1-1　マウスについて

マイコンの入力装置には様々なものがあります．その中で，図やグラフ，座標を入力したり，スクリーン上で直接値を入力したりするものには，タブレットやマウスがあります．

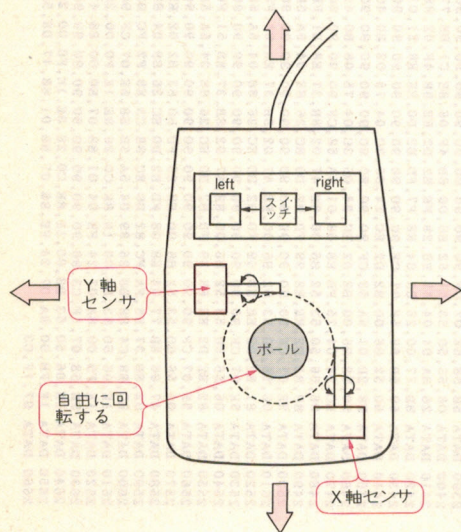
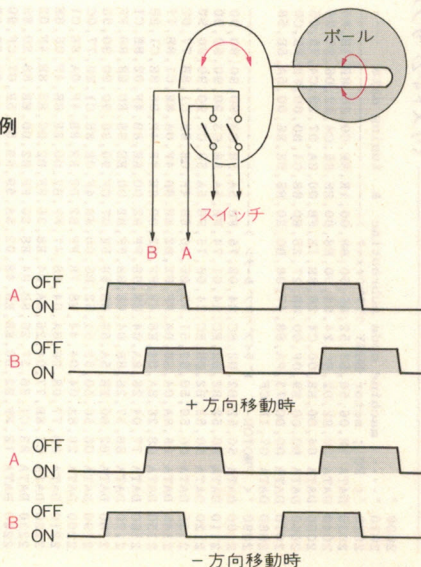
タブレットは絶対アドレスを入力する装置で，原点からの距離(オフセット)：絶対座標を入力できます．したがって，タブレットから図などを入力したりするのに適しています．

その点マウスは，今の場所からの移動量が入力されます．入力も今の場所からの距離：相対座標になります．

したがって，マウスの使用方法も図などの入力よりも，画面上でのグラフや図の作成，メニュ・モードのセレクトなどの画面上で行う作業の入力装置に適しています．

マウスは，本体を移動させることにより，その移動量を得ます．そのため，本体を移動できるように，底にボールが付いています．そのボールに，X軸とY軸の移動量を得るためのセンサが付いています(図1-1)．

実際には，センサは二つのスイッチから構成されていて，ボールをころがすことにより，位相差の異なる信号を出力します．その信号の位相差により，＋の方向か－の方向に移動していることを示し，そのパルス

〈図1-1〉マウスの構造

〈図1-2〉マウス信号出力例

数で移動量を表します．図1-2にその信号の出力例を示します．

1-2　マウス・コントローラμPD4701ACについて

マウス用コントローラのμPD4701ACの特徴を次に示します．

▶X，Y 2 軸インクリメンタル方式ロータリ・エンコーダ用カウンタ
▶カウント入力(シュミット・トリガ入力) 4 逓倍カウント方式
▶12ビット・カウンタ(リセット値＝０００ｈ)
▶ 8 ビットTTLコンパチブル出力
▶ 3 個分のキー入力バッファ
▶C-MOS，＋５Ｖ単一電源，消費電力約500mW
▶24ピン・プラスチックDIP

図1-3にICの端子接続図を，図1-4に内部ブロック図を示します．また，表1-1に，各端子の機能を示します．

次に簡単に動作を示します．先ほど示したように，二つの信号の位相差により＋方向への移動か－方向への移動かを判断します．このときのカウント動作を図1-5に示します．

このICには，カウント値が変化したときに，そのことを外部に知らせるフラグ(カウント・フラグ：$\overline{CF}$)があります．このフラグにより，CPUに割り込みをかけることができますが，通常の使用法では変化が多すぎて得策だとはいえません．ポーリングなどでステータスとして取り込むのに便利です．

さらに，このICにはスイッチ用のバッファが三つあります．マウスに付いているスイッチをそのまま取り込むことができます．これにも，$\overline{CF}$と同じように，フラグ(スイッチ・フラグ：$\overline{SF}$)があります．どれか一つでもスイッチがONのとき，$\overline{SF}$が“L”になります．

このフラグも，CPUの割り込みに入れることができますが，どれか一つでもONのときに立つので，一つがONで後で他のスイッチがONになっても$\overline{SF}$は変化しません．したがって，このフラグもステータスとして見るほうが便利です．

1-3　PC9801用マウス・インターフェース・ボード

PC9801の拡張I/Oとしてボードを作る場合，最初にI/Oアドレスを決めなければなりません．PC9801では，ユーザ用にＤ０ｈ～ＤＦｈが開放されていますが，VMなどではマウス・インターフェース用にＤ１ｈを使っています．したがって，ここでは安全のために，Ｄ８ｈから使用することにします．

μPD4701AはCPUに直接接続できるようになっています．しかし，カウンタの値は$\overline{CS}$でラッチされるようになっており，すべてのカウンタ値を読み出すためには，４回のアクセス(X方向２回，Y方向２回)が

〈図1-3〉μPD4701Aの端子接続図

〈図1-4〉μPD4701Aの内部ブロック図

〈図1-5〉μPD4701Aのカウント動作

〈表1-1〉 μPD4701Aの端子機能

	端子名	入出力	機能
CPUとのインターフェース部	$\overline{CS}$	入力	チップ・セレクト入力．“L”入力で$D_{0\sim7}$出力をアクティブにする．“H”入力で，$D_{0\sim7}$出力は，ハイ・インピーダンスとなる．また，$\overline{CS}$の立ち下がりエッジで出力データがラッチされる
	$\overline{X}$/Y	入力	カウンタ・セレクト入力．“L”入力でXカウンタを“H”入力でYカウンタを選択する
	U/$\overline{L}$	入力	バイト・セレクト入力．“L”入力で下位のバイトを，“H”入力で上位のバイトを選択し，データの出力をコントロールする
	RESET X RESET Y	入力	カウンタのリセット入力．RESET X入力によりXカウンタが，RESET Y入力によりYカウンタがリセットされる．いずれも“H”アクティブ
	$D_{0\sim7}$	出力 (3ステート)	CPUへのデータ出力バス．$\overline{X}$/YおよびU/$\overline{L}$入力により選択されたバイト・データが出力される． データは$\overline{CS}$の立ち下がりでラッチされたものが出力される．
	$\overline{CF}$	出力	カウント・フラグ出力．$\overline{CS}$＝“H”の期間中，XまたはYカウンタが変化したときセット(＝“L”出力)される．$\overline{CS}$の立ち下がりでリセット(＝“H”出力)され，$\overline{CS}$＝“L”の期間中は，カウント・フラグの出力は，禁止され，“H”レベルが出力される
	$\overline{SF}$	出力	スイッチ・フラグ出力．スイッチ入力$\overline{RIGHT}$，$\overline{LEFT}$，$\overline{MIDDLE}$のいずれかが“L”の期間中，アクティブ(＝“L”出力)となる
マウスとのインターフェース部	X_A, X_B	入力 (シュミット入力)	Xカウンタ用2相信号入力端子
	Y_A, Y_B	入力 (シュミット入力)	Yカウンタ用2相信号入力端子
	$\overline{RIGHT}$ $\overline{LEFT}$ $\overline{MIDDLE}$	入力 (シュミット入力)	キー・スイッチ入力端子．キー・スイッチ入力は，内部ステータスとして，XカウンタおよびYカウンタの上位バイトの上位4ビットとして，読み出される． 上位バイト: SF L R M C_{11} C_{10} C_9 C_8 (キー入力ステータス／カウント・データ)
電源部	V_{DD}		＋5V電源の接続端子
	V_{SS}		グラウンド

〈表1-2〉 I/Oマップ

アドレス		
00D8	ポート0	μPD 71055C
00DA	ポート1	
00DC	ポート2	
00DE	コントロール	

〈図1-6〉 マウス・インターフェース回路

必要になります．

この読み出している間にカウンタ値が変化したときには，$\overline{CS}$を一度インアクティブにすると，新しい値がカウンタにラッチされ，正しいデータとして連続して読み出すことができません．したがって，カウンタ値を読み出すときは，$\overline{CS}$をアクティブのままにしておいたほうがよいでしょう．

ここでは，ハードを簡単にするために，μPD71055Cを使用しました．μPD71055Cは8255AをC-MOSにしたもので，ピン・コンパチブルで，消費電力が小さいという特徴があります．リセット信号も，このμPD71055Cから作り出しています．

図1-6に全回路図を示します．表1-2にI/Oマップを示します．また，μPD4701Aの特性を表1-3と図1-7に示します．

まず，μPD71055Cを初期化します．モードを0とし，ポート0を入力，ポート1を出力，ポート2を入力と設定します．μPD71055CはC-MOSなので，入力の

〈表1-3〉μPD4701Aの電気的特性

●絶対最大定格　（T_a＝25℃，V_{SS}＝0V）

項目	略号	定格値	単位
電源電圧	V_{DD}	−0.5～＋7.0	V
入力電圧	V_I	−1.0～V_{DD}＋1.0	V
出力電圧	V_O	−0.5～V_{DD}＋0.5	V
動作温度	T_{opt}	−40～＋85	℃
保存温度	T_{stg}	−65～＋150	℃
許容損失	P_D	500	mW

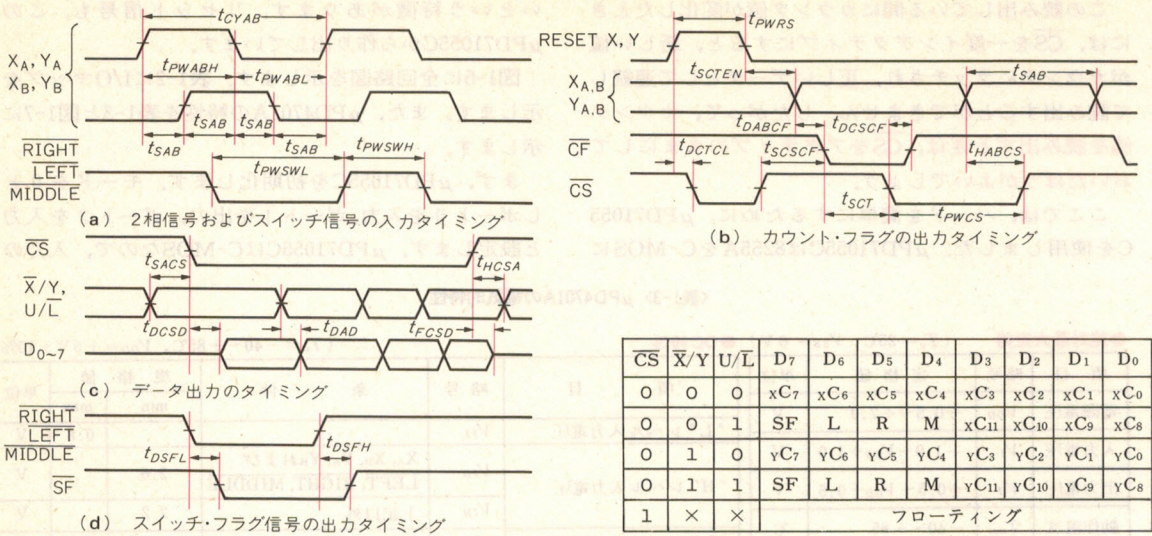
●DC特性　（T_a＝−40～＋85℃，V_{DD}＝＋5V±10％）

項目	略号	条件	規格値 min	規格値 max	単位
"L"レベル入力電圧	V_{IL}			0.8	V
"H"レベル入力電圧	V_{IH}	X_A, X_B, Y_A, Y_Bおよび $\overline{LEFT}$, $\overline{RIGHT}$, $\overline{MIDDLE}$	2.6		V
	V_{IH}	上記以外	2.2		V
"L"レベル出力電圧	V_{OL}	I_{OL}＝12mA		0.45	V
"H"レベル出力電圧	V_{OH}	I_{OH}＝−4mA	V_{DD}−0.8		V
静消費電流	I_{DD}	V_I＝V_{DD}, V_{SS}		50	μA
入力電流	I_I	V_I＝V_{DD}, V_{SS}	−1.0	1.0	μA
3ステート出力リーク電流	I_{OFF}		−10	10	μA
動消費電流	$I_{DD\ dyn}$	f_{IN}＝500kHz		2	mA
ヒステリシス電圧		X_A, X_B, Y_A, Y_Bおよび $\overline{LEFT}$, $\overline{RIGHT}$, $\overline{MIDDLE}$	0.25		V

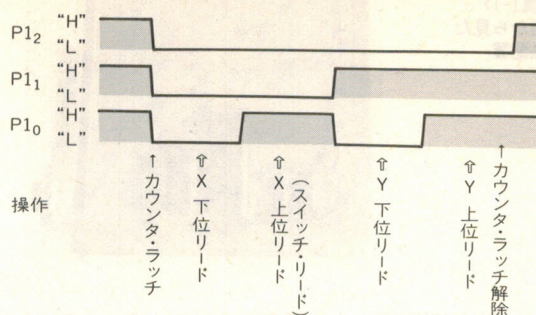
●AC特性　（T_a＝−40～＋85℃，V_{DD}＝5V±10％）

項目		略号	条件	規格値 min	規格値 max	単位
$X_{A,B}$ $Y_{A,B}$	入力周期	t_{CYAB}	f_{IN}＝500kHz	2		μs
	"H"レベル・パルス幅	t_{PWABH}		900		ns
	"L"レベル・パルス幅	t_{PWABL}		900		ns
	信号位相差時間	t_{SAB}		350		ns
$\overline{R}$, $\overline{L}$ $\overline{M}$	"H"レベル・パルス幅	t_{PWSWH}	スイッチOFF時	30		μs
	"L"レベル・パルス幅	t_{PWSWL}	スイッチON時	30		μs
$\overline{SF}$	セット遅延時間	t_{DSFL}	スイッチON時		50	ns
	リセット遅延時間	t_{DSFH}	スイッチOFF時		50	ns
RESET X, Y	パルス幅	t_{PWRS}		100		ns
	カウント・イネーブル時間	t_{SCTEN}	対RESET X, Y↓	0		ns
	カウンタ・クリア時間	t_{DCTCL}	対RESET X, Y↑		100	ns
$\overline{CF}$	フラグ・セット時間	t_{DABCF}	対$X_{A,B}$, $Y_{A,B}$		120	ns
	フラグ・リセット時間	t_{DCSCF}	対$\overline{CS}$↓		100	ns
	カウンタ・セット時間	t_{SCT}	対$\overline{CF}$↓	0		ns
$\overline{CS}$	$\overline{CF}$イネーブル時間	t_{SCSCF}	対$\overline{CF}$↓	140		ns
	$\overline{CF}$ディセーブル時間	t_{HABCS}	対$X_{A,B}$, $Y_{A,B}$	100		ns
	パルス幅	t_{PWCS}		200		ns
$\overline{X}$/Y U/$\overline{L}$	アドレス設定時間	t_{SACS}	対$\overline{CS}$↓	0		ns
	アドレス保持時間	t_{HCSAB}	対$\overline{CS}$↑	0		ns
$D_{0\sim7}$	出力遅延時間	t_{DCSD}	対$\overline{CS}$↓		150	ns
	出力遅延時間	t_{DAD}	対$\overline{X}$/Y, U/$\overline{L}$		100	ns
	フローティング時間	t_{FCSD}	対$\overline{CS}$↑		50	ns

〈図1-7〉 μPD4701Aの電気的特性

$\overline{CS}$	$\overline{X}/Y$	$U/\overline{L}$	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	0	$_XC_7$	$_XC_6$	$_XC_5$	$_XC_4$	$_XC_3$	$_XC_2$	$_XC_1$	$_XC_0$
0	0	1	SF	L	R	M	$_XC_{11}$	$_XC_{10}$	$_XC_9$	$_XC_8$
0	1	0	$_YC_7$	$_YC_6$	$_YC_5$	$_YC_4$	$_YC_3$	$_YC_2$	$_YC_1$	$_YC_0$
0	1	1	SF	L	R	M	$_YC_{11}$	$_YC_{10}$	$_YC_9$	$_YC_8$
1	×	×	フローティング							

〈リスト1-1〉 初期化と読み取りプログラム部を含むBIOS

```
PIO0    EQU     00D8H           ;PIO port 0 アドレス
PIO1    EQU     00DAH           ;PIO port 1 アドレス
PIO2    EQU     00DCH           ;PIO port 2 アドレス
PIOC    EQU     00DEH           ;PIO コントロール・ポート
;
;
        PUBLIC  MOUSE_INIT      ;Mouse BIOS 初期化
;
;
CODE    SEGMENT PUBLIC
        ASSUME  CS:CODE
;
;
;========================================
;       BIOS  initialization
;========================================
;
MOUSE_INIT:
                PUSH    AX                      ;レジスタのセーブ
                PUSH    BX                      ;
                PUSH    CX                      ;
                PUSH    DX                      ;
                PUSH    ES                      ;
;
;
                MOV     DX,PIOC                 ;PIO 初期化
                MOV     AL,10010101B            ;  port 0 = 入力
                OUT     DX,AL                   ;  port 1 = 出力
                                                ;  port 2 = 入力
                MOV     DX,PIO1                 ;  μPD4701Aのリセット
                MOV     AL,00110111B            ;
                OUT     DX,AL                   ;
                MOV     AL,00000111B            ;
                OUT     DX,AL                   ;
;
;
                MOV     AX,0000H                ; MOUSE位置の初期化
                MOV     CS:[X0_ADR],AX          ;  X アドレスの初期化
                MOV     CS:[X1_ADR],AX          ;
                MOV     CS:[Y0_ADR],AX          ;  Y アドレスの初期化
                MOV     CS:[Y1_ADR],AX          ;
                MOV     AL,00H                  ;  スイッチのデータの初期化
                MOV     CS:[SWITCH],AL          ;  すべてOFF
;
;
                MOV     AX,0000H                ;割り込みベクタの設定
                MOV     ES,AX                   ;
                MOV     DX,CS                   ;
                                                ;
                MOV     AX,OFFSET MOUSE         ;  set BIOS entry point
                MOV     ES:[40H*4],AX           ;  40H  (BIOS call)
                MOV     ES:[40H*4+2],DX         ;    set CS
;
                CALL    MOUSE_TIME_SET          ;インターバル・タイマのセット
                                                ;  (in PC9801)
;
;
                POP     ES                      ;レジスタの復帰
                POP     DX                      ;
                POP     CX                      ;
                POP     BX                      ;
                POP     AX                      ;
                RET                             ;Normal return
;
;
MOUSE_TIME_SET:                                 ;Interval timer set
                MOV     AH,02H                  ;  PC BIOS
                MOV     CX,10                   ;  100 msec interval
                MOV     DX,CS                   ;  routine address
                MOV     ES,DX                   ;    segment
                MOV     BX,OFFSET MOUSE_INT
                INT     1CH                     ;  PC BIOS Entry
                RET
;
;
;
;
;========================================
;       MOUSE BIOS  エントリ・ポイント
;========================================
;
MOUSE:                                          ;BIOS  エントリ・ポイント
                MOV     BX,CS:[X1_ADR]          ;  Xのアドレスを得る
                MOV     CX,CS:[Y1_ADR]          ;  Yのアドレスを得る
                MOV     AL,CS:[SWITCH]          ;  スイッチのステータスを得る
                IRET
;
;
;
;
;========================================
;       Interval process
;========================================
;
MOUSE_INT:
                PUSH    AX                      ;レジスタのセーブ
                PUSH    BX                      ;
                PUSH    CX                      ;
                PUSH    DX                      ;
                PUSH    DS                      ;
                PUSH    ES                      ;
;
                MOV     DX,PIO1                 ;カウンタの読み出し
                MOV     AL,00000000B            ;  CS="L", Xの低位側アドレス・リード
                OUT     DX,AL                   ;
                ;
                MOV     DX,PIO0                 ;  Xの低位側アドレス・リード
                IN      AL,DX                   ;
                MOV     BL,AL                   ;
                MOV     DX,PIO1                 ;  Xの上位側アドレス・リード
                MOV     AL,00000001B            ;
                OUT     DX,AL                   ;
                MOV     DX,PIO0                 ;     リード
                IN      AL,DX                   ;
                MOV     BH,AL                   ;
                ;
                MOV     DX,PIO1                 ;Y アドレスのリード
                MOV     AL,00000010B            ;  Yの低位側のアドレス
                OUT     DX,AL                   ;
                MOV     DX,PIO0                 ;     リード
                IN      AL,DX                   ;
                MOV     CL,AL                   ;
                MOV     DX,PIO1                 ;  Yの上位側のアドレス
                MOV     AL,00000011B            ;
                OUT     DX,AL                   ;
                MOV     DX,PIO0                 ;     リード
                IN      AL,DX                   ;
```

〈図1-8〉 カウンタ・リードのタイミング

使わない部分は+5V(プルアップ)かGNDの電位に固定しておきます.

ポート0は8255AのPA$_x$に，ポート1はPB$_x$，ポート2はPC$_x$に相当します.

次に，μPD4701Aをリセットします．RESET X，RESET Yを"H"にします．次に"L"にします．これでリセット完了です．リスト1-1のMOUSE_INITに，プログラムを示します．

次にデータの読み出し方について示します(今回は$\overline{SF}$，$\overline{CF}$を使用していない)．まず，$\overline{CS}$を"L"にし，カウンタ値をラッチします．このとき，$\overline{X}$/Y，U/$\overline{L}$を00とし，Xカウンタの下位を読みます．次に01とし，Xカウントの上位とスイッチの状態を読みます．

同じように，Yカウントを読み出します．最後に$\overline{CS}$を"H"にします．

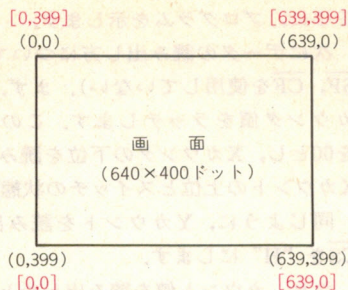
なお，カウント値を読み出したときのビット・マップを表1-4に示します．

マウスは今回，MICROSOFT製のPC9801用マウスを使用しました．

1-4 BIOSについて

では，マウスを使うための簡単なBIOSをMS-DOS上で作ってみます．実際に使用するときは，アプリケーション・プログラムとBIOSをリンクすることにより，基本部分で細かい部分はBIOSをコールするだけ

```
        MOV     CH,AL           ;

        AND     AL,01110000B    ;  スイッチのステータスのセット
        MOV     CS:[SWITCH],AL  ;

        PUSH    CX
        AND     BX,0FFFH        ;  Xアドレスの計算
        MOV     AX,CS:[X1_ADR]  ;
        MOV     CS:[X0_ADR],AX  ;
        MOV     CX,640          ;  Xのアドレスのリミット
        CALL    ADR_CAL         ;
        MOV     CS:[X1_ADR],AX  ;
        POP     CX

        AND     CX,0FFFH        ;  Yアドレスの計算
        MOV     BX,CX           ;
        MOV     AX,CS:[Y1_ADR]  ;
        MOV     CS:[Y0_ADR],AX  ;
        MOV     CX,400          ;  Yアドレスのリミット
        CALL    ADR_CAL         ;
        MOV     CS:[Y1_ADR],AX  ;


        MOV     DX,PIO1         ;  カウンタの初期化
        MOV     AL,00110111B    ;
        OUT     DX,AL           ;
        MOV     AL,00000111B    ;
        OUT     DX,AL           ;

        MOV     AL,0            ;  カラー = 0
        MOV     BX,CS:[X0_ADR]  ;  マウスを消す
        MOV     CX,CS:[Y0_ADR]  ;
        CALL    SET_MOUSE       ;
        ;
        MOV     AL,7            ;  カラー = 7
        MOV     BX,CS:[X1_ADR]  ;  マウスのセット
        MOV     CX,CS:[Y1_ADR]  ;
        CALL    SET_MOUSE

        CALL    MOUSE_TIME_SET  ;  インターバル・タイマの再スタート

        POP     ES              ;レジスタ復帰
        POP     DS              ;
        POP     DX              ;
        POP     CX              ;
        POP     BX              ;
        POP     AX              ;
        IRET


R_CAL:
        TEST    BX,0800H        ;アドレスの計算
        JNZ     MINUS_MOVE      ;  + move  or  - move

        ADD     AX,BX           ;  + move
        CMP     AX,CX           ;  レンジを越えた？
        JNC     ADR_CAL_OVR     ;
        ;
        RET                     ;

R_CAL_OVR:
        MOV     AX,CX           ;  リミット値のセット
        DEC     AX              ;  -1
        RET

MINUS_MOVE:     NOT     BX              ;  - move
                AND     BX,0FFFH        ;
                INC     BX              ;    2' complement
                SUB     AX,BX           ;
                JC      ADR_CAL_LOW     ;  レンジを越えた
                ;
                RET
;
ADR_CAL_LOW:    MOV     AX,0            ;  0のセット
                RET
;
;
;
SET_MOUSE:                              ;MOUSEへの書き込み
                MOV     CS:[COLOR],AL   ;  カラーのセット
                MOV     CS:[X_ADR],BX   ;  Xのアドレス
                MOV     CS:[Y_ADR],CX   ;  Yのアドレス
                MOV     AX,0001         ;
                MOV     CS:[DOTS],AX    ;  ドット
                MOV     AX,OFFSET BUFF  ;  作業領域
                MOV     CS:[WBUF],AX    ;
                MOV     AX,00FFH        ;  パターン
                MOV     CS:[PATN],AX    ;
                                        ;
                PUSH    CS              ;
                PUSH    CS              ;
                POP     DS              ;
                POP     ES              ;
                MOV     CH,10110000B    ;  CRTモード
                MOV     BX,OFFSET GRAPH ;
                MOV     AH,45H          ;
                INT     18H             ;
                RET
;
;
;
;=======================================
;       Working area
;=======================================
;
;
X0_ADR          DW      0               ;X old address
X1_ADR          DW      0               ;X new address
Y0_ADR          DW      0               ;Y old address
Y1_ADR          DW      0               ;Y new address
;
SWITCH          DB      0               ;SWITCH data
;
GRAPH:
COLOR           DB      0,0             ;color
                DW      0,0,0
X_ADR           DW      0               ;X_address
Y_ADR           DW      0               ;Y_address
DOTS            DW      0               ;dots
WBUF            DW      0               ;working buffer address
                DW      40H DUP(0)      ;
BUFF:
PATN            DW      0               ;pattern
                DW      40H DUP(0)      ;
;
;
;
CODE    ENDS
;
;
                END
```

〈図1-9〉
マウス用BIOS内の
アドレスと画面の
アドレス対応

(x,y) 画面のアドレス
[X,Y] マウス用BIOS内のアドレス

で行うことができます.

BIOSとして装備する機能を以下のように決めます.ここでマウスのカウント値は，インターバル・タイマで読み出すものとします．また，ここでは，BIOSの作り方と使い方を示すだけで，実際に作る場合は，自分の使い方に合ったBIOSを作成してください.

(1) マウスの現在位置
(2) マウスの位置の表示
(3) スイッチの状態
(4) BIOSの初期化

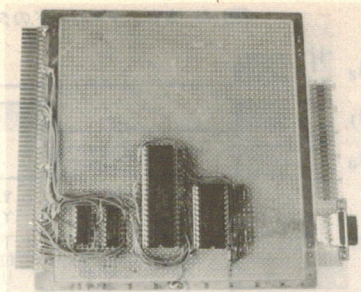
処理を画面上だけで行うことを仮定し，マウスの移動ができる範囲を(0，0)～(639, 399)とし，これ以上は移動できないとします.

MOUSE_INITで，座標,PIO,割り込みベクタの初期化と，マウスの位置を読み出すためのタイマ・ルーチンを起動します.

タイマは，PCのBIOSを使用しました．タイマ・ルーチンでは，100msごとにマウスの移動量を得て，その値を前の座標に加えることにより現在値を求めます.マイナスの移動に関しては，負の値を正の値に変換して引いています．また，範囲外に関しては，境界値をセットするようにしています．今回のBIOSは，エントリ・ポイントを1ポイント(ベクタ：40h)とし，マウスの現在場所を得るだけにしています．マウスの表示は，1ドットで表しています.

リスト1-2に示すアプリケーション・プログラムは，BIOSをコールし，スイッチのステータスとアドレスを得ます．左のスイッチを押すとスタート点を記憶します．次に，右のスイッチを押すと，スタート点から今の点まで直線を引きます.

また，画面クリアと，ラインを引くプログラムも載せておきます.

今回，μPD4701Aを使って，PC9800用マウス・インターフェースを作ってみましたが，μPD4701Aが非常に使いやすく，プログラムも容易に行うことができました．ただし，このままでは一般に売り出されているマウスを使ったソフトが使えませんが，PC9800Vシリーズの内部構造(マウス関連のインターフェース)が明確にされれば，同じインターフェースにすることも可能です.

〈写真1-1〉
表面から見た
部品配置

◈参考・引用*文献◈

(1)*日本電気㈱，μPD4701ACマニュアル.
(2) 日本電気㈱，PC9801VMユーザーズマニュアル.

2 音声処理ボードの製作

2-1 音声処理ボードの仕様と概要

パソコンの拡張スロット用A-DおよびD-Aコンバータ・ボードが各種市販されており，種々のアプリケーションに利用されています．それらを組み合わせて，音声処理システムを構築しようとすると，スペックの点から，

① A-D変換スピードは100μsで十分(市販品は25μsぐらいが多い).
② A-Dコンバータの分解能は10ビットで十分(同じく12ビットが多い).
③ 入力チャネル数は，多くても2チャネルで十分.

また，構成上の観点から，

① A-Dコンバータ・ボードとD-Aコンバータ・ボードの二つのボードを必要とし，スロットも二つ占有される.
② マイクロホン・アンプ，A-D変換の前置フィルタ(アンチ・エイリアシング・フィルタ)，D-A変換後のローパス・フィルタなど，自分で用意するものが結構たくさんある.
③ A-Dコンバータ・ボード用とD-Aコンバータ・ボード用に別々のコントロール・ソフトを必要とし，多くの場合，非常に操作が煩わしくなる.

などの点で不都合があり，パソコンを利用して手軽にシステムを組むという，拡張ボード本来のメリットが生きてきません.

市販A-D変換ボードの代表的スペックの変換スピード数十μs/ワード，分解能12ビットという値は，専用機と比べてもひけを取りません．しかし，それらの性能を十二分に引き出すには，パソコン拡張スロット

〈リスト1-2〉 CRT上でマウスを動かすためのアプリケーション・プログラム

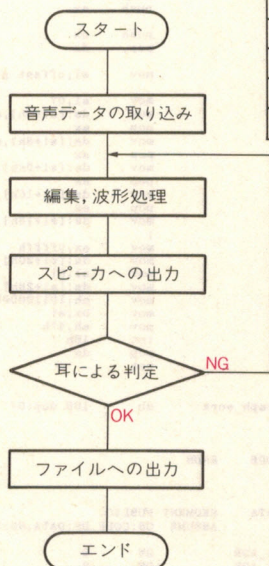
```
        EXTRN   MOUSE_INIT:     NEAR
;
;
CODE    SEGMENT PUBLIC
        ASSUME  CS:CODE,DS:DATA,SS:SSEG
;
;
                MOV     AX,SEG DATA             ;データ・セグメントのセット
                MOV     DS,AX                   ;
;
                MOV     AX,SEG SSEG             ;SSセグメントのセット
                MOV     SS,AX                   ;
                ;
                MOV     AX,OFFSET STACK_POINTER ;スタックの設定
                MOV     SP,AX                   ;
;
;
                MOV     AH,42H                  ;CRTモードのセット
                MOV     CH,11100000B            ;  640×400
                INT     18H                     ;
                ;
                MOV     AH,40H                  ;CRT ON
                INT     18H                     ;
;
                CALL    CLEAR_CRT               ;CRT クリア
                                                ;グラフィック画面のクリア
;
                CALL    MOUSE_INIT              ;MOUSE BIOS初期化
;
                STI
MAIN_LOOP:
                INT     40H                     ;Call BIOS(アドレスを得る)
                                                ;
                TEST    AL,01000000B            ;左のスイッチのチェック
                JZ      CHECK_NEXT              ;次のスイッチのチェック
;
                MOV     [X1_ADR],BX             ;X1アドレスのセーブ
                MOV     [Y1_ADR],CX             ;Y1アドレスのセーブ
;
CHECK_NEXT:
                TEST    AL,00100000B            ;右のスイッチのチェック
                JZ      CHECK_END               ;
;
                MOV     [X2_ADR],BX             ;X2アドレスのセーブ
                MOV     [Y2_ADR],CX             ;Y2アドレスのセーブ
;
                MOV     AX,[X1_ADR]             ;線を描く
                MOV     BX,[Y1_ADR]             ;  (X1,Y1)-(X2,Y2)
                MOV     CX,[X2_ADR]             ;
                MOV     DX,[Y2_ADR]             ;
                CALL    WRITE_LINE              ;
;
CHECK_END:
                MOV     AH,1                    ;キー・スキャン
                INT     18H                     ;  if KEY_IN then EXIT
                CMP     BH,01                   ;
                JNZ     MAIN_LOOP               ;
;
                MOV     AH,4CH                  ;Dummy return
                INT     21H                     ;  return to OS
;
;===============================================
;       clear_crt       :CRT initialization
;               subroutine
;===============================================
;
;
clear_crt:      ;clear CRT
;
                push    ds
                mov     ax,0a000h       ;スクリーン・アドレスのセット
                mov     ds,ax
;
                push    bx
                push    cx
;
                call    clear_crt_a     ;全スクリーンのクリア
                call    clear_crt_c
;
                pop     cx
                pop     bx
                pop     ds
                ret
;
;
clear_crt_a:                            ;テキスト・スクリーンのクリア
                mov     bx,0            ;オフセットを0にする
                mov     cx,80*25        ;80文字×25行
                mov     al,0            ;文字クリア
                mov     ah,11100001b    ;アトリビュートのセット
                ;
clear_crt_com:                          ;clear (text) common routine
                mov     [bx],al
                mov     byte ptr [bx+1],00h
                mov     2000h [bx],ah   ;アトリビュートのセット
                add     bx,2            ;increment BX (pointer)
                loop    clear_crt_com
                ret
;
;
clear_crt_c:                            ;グラフィック・スクリーンのクリア
                mov     ax,0a800h       ;スタート・アドレスのセット
                mov     ds,ax
                mov     bx,0            ;オフセット・アドレスのセット
                mov     cx,40*400       ;クリア画素数
                call    clear_gcrt_com  ;青画面のクリア
;
                mov     ax,0b000h       ;スタート・アドレスのセット
                mov     ds,ax
                mov     bx,0            ;オフセット・アドレスのセット
                mov     cx,40*400       ;クリア画素数
                call    clear_gcrt_com  ;赤画面のクリア
;
                mov     ax,0b800h       ;スタート・アドレスのセット
                mov     ds,ax
                mov     bx,0            ;オフセット・アドレスのセット
                mov     cx,40*400       ;クリア画素数
                call    clear_gcrt_com  ;緑画面のクリア
                ret
;
;
clear_gcrt_com:                         ;clear graphic screen common
                in      al,0a0h         ;wait until FIFO become empty
                test    al,04h
                jz      clear_gcrt_com  ;not empty FIFO
;
                push    ax              ;dummy instruction
                push    ax
                pop     ax
                pop     ax
;
wait_gdc_2:
                in      al,0a0h         ;drawing check
                test    al,08h
                jnz     wait_gdc_2
;
                mov     ax,0
fill_space_gvram:
                mov     [bx],ax         ;fill space
                add     bx,2
                loop    fill_space_gvram
                ret
;
;
;===============================================
;                       線を描く
;===============================================
;
;
write_line:                             ;write line subroutine
                                        ;entry  line (X1,Y1)-(X2,Y2)
                                        ;       AX = X1
                                        ;       BX = Y1
                                        ;       CX = X2
                                        ;       DX = Y2
                push    ds
;
                push    dx              ;Y2のセット
                push    cx              ;X2のセット
                push    bx              ;Y1のセット
                push    ax              ;X1のセット
;
                push    cs
                pop     ds
;
                mov     si,offset graph_work
;
                mov     al,07           ;white line
                mov     ds:[si+0h],al
                pop     ax              ;X1を得る
                mov     ds:[si+8h],ax   ;X1のセット
                pop     ax              ;Y1を得る
                mov     ds:[si+0ah],ax  ;Y1のセット
                pop     ax              ;X2を得る
                mov     ds:[si+16h],ax  ;X2のセット
                pop     ax              ;Y2を得る
                mov     ds:[si+18h],ax  ;Y2のセット
                ;
                mov     ax,0ffffh       ;ライン・パターンのセット
                mov     ds:[si+20h],ax  ;    "1111111111111111"
                mov     al,01           ;set line
                mov     ds:[si+28h],al
                mov     ch,10110000b    ;CRT パラメータ
                mov     bx,si           ;オフセットのセット
                mov     ah,47h
                int     18h             ;call line(X1,Y1)-(X2,Y2)
                pop     ds
                ret
;
;
graph_work:     db      100 dup(0)
;
;
;
CODE    ENDS
;
;
;
DATA    SEGMENT PUBLIC
        ASSUME  CS:CODE,DS:DATA,SS:SSEG
;
X1_ADR          DW      0               ;X1アドレス
Y1_ADR          DW      0               ;Y1アドレス
X2_ADR          DW      0               ;X2アドレス
Y2_ADR          DW      0               ;Y2アドレス
;
DATA    ENDS
;
;
;
SSEG    SEGMENT STACK
        ASSUME  CS:CODE,DS:DATA,SS:SSEG
;
                DW      100H DUP(0)     ;スタック領域
STACK_POINTER   DW      0
;
SSEG    ENDS
;
;
                END
```

〈表2-1〉音声処理ツール・ボードの仕様

入力チャネル	8チャネル (ch1～ch7：直結 ch8：マイクロホン入力)
ゲイン	100～500倍
アンチエイリアシング・フィルタ	カットオフ周波数 4kHz 24dB/octバタワース特性
A-Dコンバータ	サンプリング速度 100μs 分解能 8ビット
D-Aコンバータ	分解能 8ビット
ローパス・フィルタ	カットオフ周波数 4kHz 12dB/octバタワース特性
出力アンプ	最大電力 0.5W
プログラマブル・タイマ	1.25μs～97734hour
ディジタル入出力	入力：1ビットTTLレベル 出力：1ビットTTLレベル
CPUインターフェース	上位4ビットがディップ・スイッチで設定可能なI/Oポート．転送方式は，ポーリング，インタラプト，DMAのいずれも可能
マイクロホン	エレクトレット・コンデンサ型マイクロホン
スピーカ	0.5W 8Ω

〈表2-2〉コマンドの一覧表

A	acquisition	音声データの取り込み
B	between	カーソル間時刻/周波数表示
C	change cursor mode	カーソル・モードの変更
D	delete	データの指定部分の削除
E	exit	エディット終了．メインへ
F	FFT	フーリエ変換
G	get dir	ディレクトリ表示
H	hard copy	プリンタへのハード・コピー
I	insert	指定部への指定データの挿入
J	jump	フリー・カーソルのジャンプ・モード指定
K	kill	指定番号のタグ・カーソルの削除
L	local	プロセス領域の指定
M	move	指定部への表示窓の移動
N	new channel	チャネル・モードの変更
O	over write	指定部への指定データの重ね書き
P	print text	画面へのテキスト記入モード
Q	quit	エディット終了．OSへ
R	read	データ・ファイルの読み出し
S	show tags	タグ・カーソルの表示
T	tags set	タグ・カーソル設定
U	unite	データ・ファイルの結合
V	voice out	データの指定部分の音声出力
W	write	データ・ファイルの書き込み
X, Y	X-axis, Y-axis	X，Y軸の原点およびスケール設定
Z	zoom	X軸の縮小または拡大

〈図2-1〉
音声合成の開発フローチャート

内でのノイズ条件などを考えると，かなりの技術力が要求されることを覚悟すべきでしょう．

ここでは，以上の点を踏まえて，PC9801シリーズの拡張スロットに挿入して使える，A-D/D-Aコンバータを含む音声処理に必要なすべての回路を，ワンボードで実現したものです．

分析周波数を4kHz，分解能を8ビットと抑えたために，A-D/D-Aコンバータに現在最もよく使われているタイプを選ぶことができ，コスト・パフォーマンスのよいものとすることができました．

分析周波数上限の4kHzという値は，音声の個人生情報が2kHz以上の長時間平均スペクトラムに含まれているといわれていること(1)，およびほとんどの楽器の基本周波数がこの範囲に含まれること(2)などを考慮して，妥当な値だと考えています．

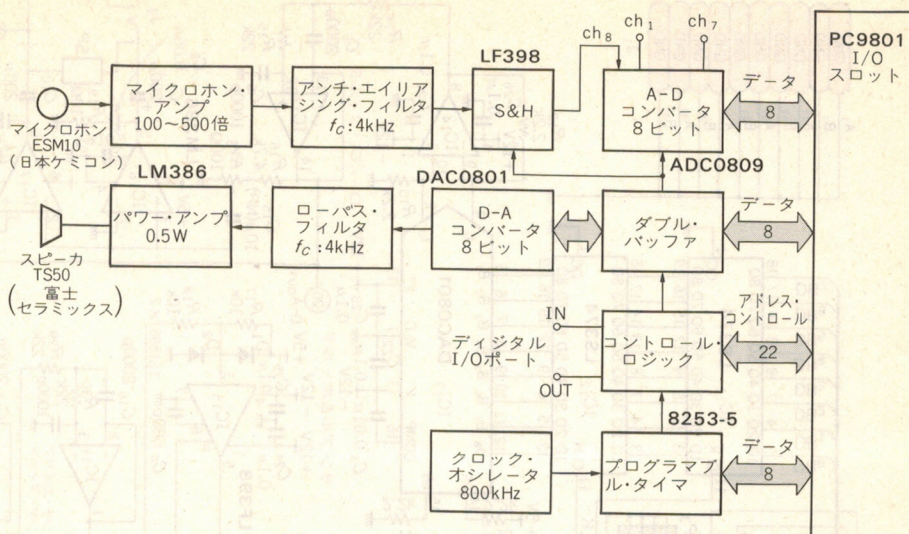
分解能に関しては，音声のダイナミック・レンジが50dB以上あるといわれていることから，10ビットとしたいところですが，データ量や計算処理のことを考えて，8ビットに決定しました．実際に使用した感じでは，マイクの使い方に気をつける点以外，特に問題にはならないようです．本装置のスペックを表2-1に示します．

このボードは，コンピュータによる音声合成/音声認識のための開発ツールです．主な機能には，

▶音声データの取り込み
▶取り込んだデータの編集，各種数学演算
▶ファイル・デバイスやスピーカへの出力

などがあります．これらの機能はソフトウェアで実現されており，ソース・リストで100ページ以上にわたって記述されているため，ここでは概要を述べるにとどめます．

図2-1に音声合成の開発フローチャートを示しますが，音声データの編集というのは，おおむねワード・プロセッサによるテキスト編集と同じ要領で行われます．つまり，波形データの任意の部分をグラフ表示し，置換，削除，挿入などの作業を行うものです．異なるのは，扱うデータ量が数十Kバイトから数百Kバイトと

〈図2-2〉
音声ツール・ボードのブロック・ダイヤグラム

いう，大量のデータである点です．

したがって，編集機能もそれに応じた処理速度，使いやすさが要求され，この点に関する配慮が欠けたものは全く使いものになりません．

このボード用ソフトウェアでは，ポインティング用の各種カーソル，多チャネル表示，チャネル間データ移動，X軸およびY軸のフレキシブルな設定，ワンキー・コマンドによる入力操作の簡易化などの機能の付加，強化により，ほとんど不便を感じないように作成してあります．

表2-2にそれらのコマンド一覧，図2-2に回路のブロック・ダイヤグラムを示します．

2-2 音声処理ボードの回路構成

それでは本ボードの回路構成について説明します．全体回路図を図2-3に示しますが，これをみながら各部の動作を理解してください．

● 入力部

入力にはエレクトレット・コンデンサ・マイクロホンが接続されます．このマイクロホンは，出力インピーダンスが非常に高く，FETによるインピーダンス変換回路が組み込まれ，その変換出力がラインに出力されます．

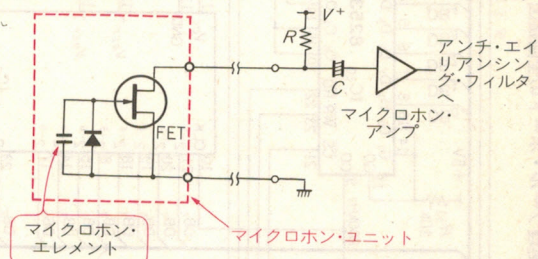
このため，FETを動作させるための電圧を信号ラインに加えるので，入力部は図2-4に示すような回路構成となります．

入力信号は，マイクロホン・アンプで100〜500倍に増幅され，次のアンチ・エイリアシング・フィルタに出力されます．

● アンチ・エイリアシング・フィルタ

A-Dコンバータの応用で必ず問題となるのが，このフィルタの部分です．

市販の専用機では，精度とダイナミック・レンジの

〈図2-4〉 エレクトレット・コンデンサ・マイクロホンと入力部

確保のために，−100dB/oct以上のロール・オフ(減衰)特性をもつフィルタが採用されているようです．ここでは，対象を音声，あるいは楽器音などに絞って，4次のバタワース型フィルタで簡単にまとめてみました．

フィルタ特性は−24dB/octです．

● サンプル&ホールド回路

入力信号がA-D変換期間に変動すると，正しい変換値が得られないため，サンプル&ホールド回路で一定の入力電圧に保持します．

このボードのA-D変換スピードは100μs/ワードで，この時間内でサンプル&ホールドとA-D変換を行わなければなりません．

A-Dコンバータは，ADC0808/9を，クロック800kHzで使用し，変換時間を約90μsに縮めています．したがって，アクイジション時間10μsで，8ビット分解能の½LSBである0.2%の誤差に収まればよいということになり，ほとんどの市販専用ICが使えます．

ここでは，最もよく使われ，コストも下がってきたLF398(NS)を採用することにします．このICの主な特性を図2-5に示します．

● A-Dコンバータ回路

〈図2-3〉 音声処理ツール・ボードの全回路図

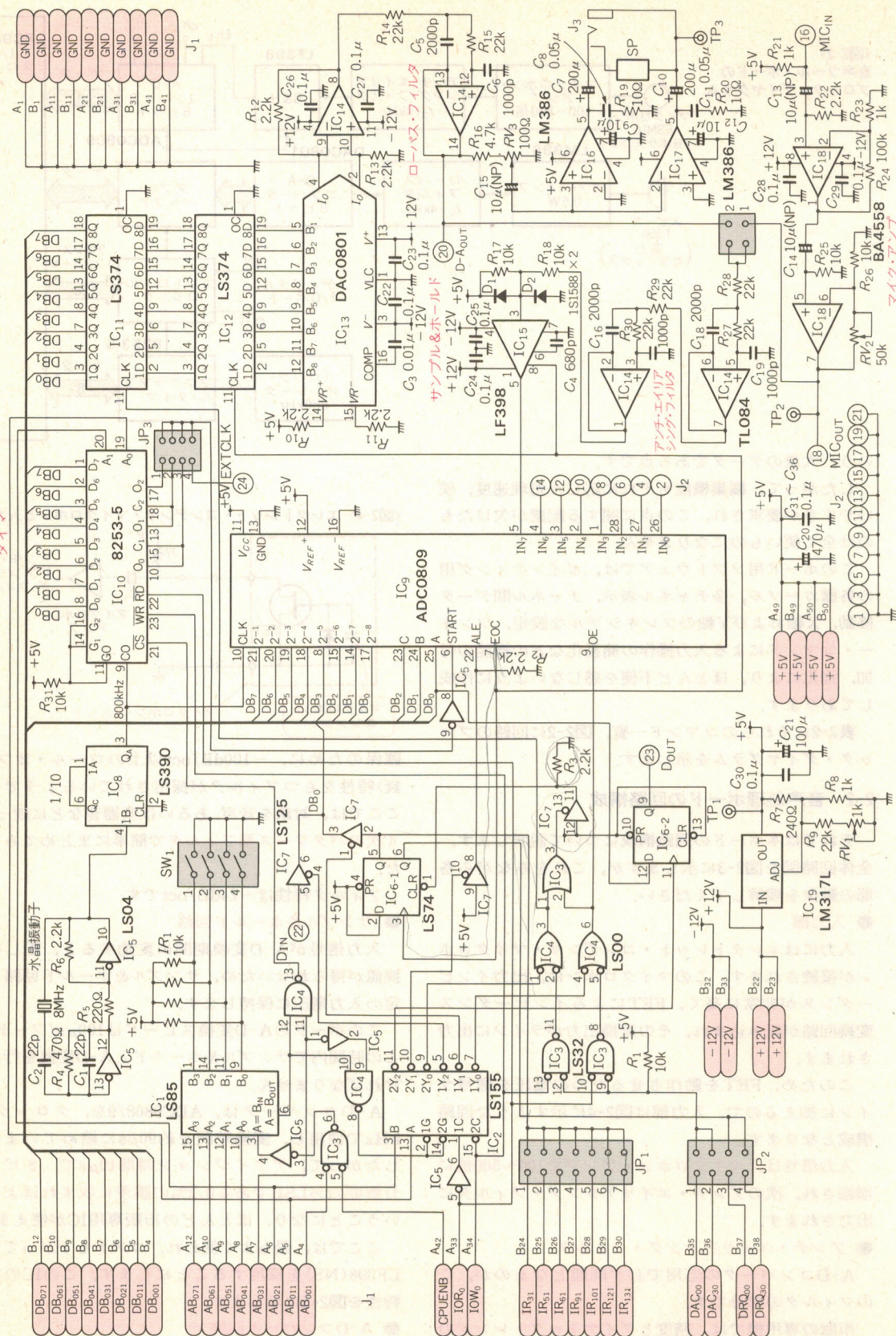
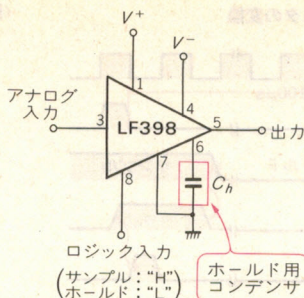
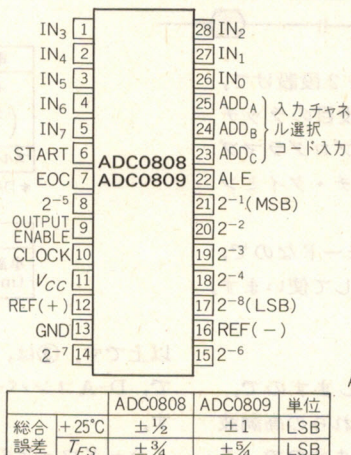
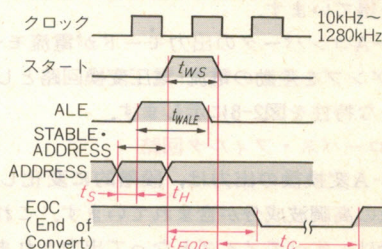
タイマ

ローパス・フィルタ

サンプル&ホールド

アンチ・エイリアシング・フィルタ

マイク・アンプ

〈図2-5〉 サンプル＆ホールドICの特性

〈図2-6〉
8ビット8チャネルA-Dコンバータ
ADC0809の特性

電源電圧	±18V(max)
入力オフセット電圧	2mV(typ)
入力バイアス電流	10nA(typ)
入力インピーダンス	10^{10}Ω(typ)
ゲイン・エラー	0.004%(typ)
リーク電流(ホールド時間)	30pA(typ)
セトリング時間(1mVに達するまでの時間)	0.8μs(typ)
アクイジション時間(0.1%減少するまでの時間 C_h＝1000pF)	4μs(typ)

t_{WS}	最小スタート・パルス幅	100ns(typ)
t_{WALE}	最小ALEパルス幅	100ns(typ)
t_S	最小アドレス・セットアップ・タイム	25ns(typ)
t_H	最小アドレス・ホールド・タイム	25ns(typ)
t_C	変換時間	100μs(typ)
t_{EOC}	EOCディレイ・タイム	8clock＋2μs

		ADC0808	ADC0809	単位
総合誤差	＋25℃	±½	±1	LSB
	T_{FS}	±¾	±5/4	LSB

A-D変換速度が100μs程度の8ビットA-Dコンバータは種類も多く，コストも非常に安く手に入ります．このボードでは，CPUコンパチブルといわれるものの中から，C-MOS A-DコンバータADC0809(NS)を採用しました．主な特性を図2-6に示します．

このA-Dコンバータは，クロックが640kHzのとき，標準で100μs，最悪で116μsの変換時間となります．このボードのスペック100μs/ワードを保証するために，クロックを800kHzで使用することにします．

クロック800kHzでは，変換時間は約90μs(実測)となり，サンプル&ホールド回路のアクイジション時間にかなり余裕が出てきます．

入力は8チャネル分あり，チャネル1から7までは直接入力，チャネル8のみにフィルタおよびサンプル&ホールド回路を設けています．

直接入力の電圧範囲は0～5Vです．チャネル8は，サンプル&ホールドの入力で，＋2.5Vのオフセットを加えています．

チャネルのセレクトは，デコーダとラッチ回路が内蔵されているので，3本のアドレス・ラインA, B, Cにラッチ・タイミング入力ALEとともに選択アドレスのデータを入力するだけです．

入力電圧のフルスケールの設定は，$V_{ref}(+)$および$V_{ref}(-)$で行います．出力コードNと入力電圧V_{in}の関係は(1)式のように表されます．

$$N=\frac{V_{in}-V_{ref}(+)}{V_{ref}(+)-V_{ref}(-)}\times 256 \quad \cdots\cdots(1)$$

このボードでは，$V_{ref}(+)$は安定化した＋5V，$V_{ref}(-)$はGNDとしているために，4.98Vがフルスケールになります．$V_{ref}(+)$を5.02Vにセットすると，5.00Vがフルスケールになります．

A-D変換開始パルスは，プログラマブル・タイマ8253-5より得ており，100μsから1.25μsステップの任意時間のサンプリング時間が設定できます．

変換終了後，EOC(エンド・オブ・コンバージョン)出力が“L”から“H”へ変化します．この信号でサンプル&ホールド回路をホールド・モードからサンプル・モードへ切り替えます．同時にこの立ち上がりエッジで，データ・レディ・フリップフロップ(IC_{6-1})をセットします．

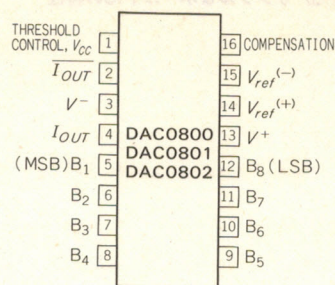
このフリップフロップの出力は，3ステート出力でデータ・バスに接続されているので，ソフトウェア・ポーリングにより，変換終了を知ることができます．ジャンパでこの出力がインタラプト入力に接続されている場合は，変換の終了時に割り込みをかけることができます．

このようすを図2-7に示します．

● D-Aコンバータ回路

D-A変換は，通常ダブル・バッファを使用して，タイミングの確保およびグリッジの低減を図ります．

〈図2-7〉 A-Dコンバータの変換

〈図2-8〉 8ビットD-AコンバータDAC0801の特性

電源電圧	±4.5V～±18V
セトリング時間（$\pm\frac{1}{2}$LSB以内に収まる時間）	100ns (typ)
フルスケール温度係数	±10ppm/℃

＊DAC08の型名でも出ている

	DAC0800	0801	0802	単位
単調性(max)	±0.19	±0.39	±0.1	%FS

このボードでは，DAC0801にラッチを2段設けて，D-Aコンバータを構成しています．1段目のラッチには，CPUのI/Oライト信号，2段目はプログラマブル・タイマのタイミング・パルスでラッチ・タイミングを得ています．

D-Aコンバータの出力モードが電流モードなので，OPアンプを差動の電流-電圧変換回路として使います．おもな特性を図2-8に示します．

● ローパス・フィルタ回路

D-A変換後の出力は，段階的に変化しますので，多量の高調波成分が含まれています．これらの高調波成分は，すべてノイズとなって出力されますので，これをローパス・フィルタによって除去します．

フィルタ回路はアンチ・エイリアシング・フィルタに使用したものと同じで，カットオフ周波数4kHz，2次のバタワース型フィルタです．

● パワー・アンプ回路

ローパス・フィルタの出力は，レベル調整が行われた後，パワー・アンプへ入力され，スピーカをドライブします．

パワー・アンプには8ピン・ミニ・ディップ・タイプのLM386(NS)を採用しました．パワー・アンプの電源は，マイコンのロジック電源より得ているため，出力の振幅が十分に取れません．+5Vでは8Ω負荷で約0.2Wです．そのため，LM386を2個使用し，パラレル出力回路として，約2倍の出力を得ています．

2-3 製作と調整

実装上の要点は，アナログ回路とディジタル回路の分離に気をつけるということに尽きます．特にマイクロホン・アンプ部は，ゲインが100倍以上あるので，グラウンド処理を誤ると，たちまち8ビット精度があやしくなります．調整は，

① 基準電源を+5Vに合わせる
② マイクロホン・アンプの出力が±2.5Vに収まるように，ゲインを設定する
③ スピーカの音量が適当になるように，出力アンプのポテンショメータを調節する

以上です．③は，次に示すテスト・プログラムを組んで，D-Aコンバータに波形を入力することが必要です．

ハードウェアのチェックは次のようにしてください．

① IC_8(LS390)の3ピンに，800kHzの方形波が出力されていることを確認．
② プログラマブル・タイマ8253を，テスト・プログラムの150行～170行のように，タイム・インターバル50msにセットする．IC_9(ADC0809)の6ピンに，50ms間隔のパルスが入力されていることを確認．
③ マイクロホンからの入力が，IC_9の5ピンに，サンプル&ホールド後のステップ信号として入力されていることを確認．
④ I/OポートのＤＯｈ番地にＯＯｈを入力し，IC_{13}の5ピン～12ピンがすべて“L”になることを確認．同様に，ＦＦｈのときすべて“H”になることを確認．

2-4 テスト・プログラム

このボードの機能を100%生かすためには，コンパイラやアセンブラを使用することになりますが，ちょっとしたテスト・プログラムなどには，BASICインタプリタで十分です．テスト・プログラムをリスト2-1に示します．内容は，

① ディジタル入出力ポートの操作
② 三角波を発生させ，D-Aコンバータの出力をする
③ D-Aコンバータの出力の三角波をA-D変換し，数値で表示する

というものです．あらかじめディジタル・ポートの入力と出力，およびD-Aコンバータ出力とアンチ・エイ

```
60 '
70 '
80 DEFINT A-J
90 '
100 ' *** TIMER TEST ROUTINE ***
110 '
120 PRINT
130 PRINT "PROGRAMMABLE TIMER TEST"
140 *TIMER
150 OUT &HDE, &H34          '** MODE 2, 16BIT BINARY COUNTER SELECT
160 OUT &HD8, &H40          '** SET 50msec. (80K/4000)
170 OUT &HD8, &H9C          '** 4000 = &h9C40
180 FOR I=1 TO 10
190   GOSUB *T50
200   BEEP
210 NEXT I
220 PRINT "TEST DONE"
230 GOTO *CHANNEL7
240 '
250 '
260 *T50
270 FOR J=1 TO 20
280   A=INP(&HD2)
290   IF (A AND 1) = 0 GOTO 280
300 NEXT J
310 RETURN
320 '
330 '
340 ' *** SELECT CHANNEL 7 ***
350 '
360 *CHANNEL7
370 OUT &HD2, 7
380 '
390 '
400 ' *** 1BIT DIGITAL I/O POART TEST ROUTINE ***
410 '
420 *DIO
430 PRINT
440 PRINT "DIGITAL I/O PORT TEST"
450 FOR I=0 TO 100
460   OUT &HD4, 0
470   A=INP(&HD4)
480   IF (A AND 1) <> 0 GOTO *DIOERROR
490   OUT &HD4, 1
500   A=INP(&HD4)
510   IF (A AND 1) <> 1 GOTO *DIOERROR
520 NEXT I
530 PRINT "TEST DONE"
540 '
550 '
560 ' *** A-D, D-A CONVERTER TEST ROUTINE ***
570 '
580 *ADCON
590 PRINT
600 PRINT "A-D, D-A CONVERTER TEST"
610 OUT &HD0, 0             '** DUMMY INPUT
620 A=INP(&HD2)             '** CHECK TIMER FLAG
630 IF (A AND 1) = 0 GOTO 620
640 A=INP(&HD0)
650 FOR I=0 TO 255
660   OUT &HD0, I
670   A=INP(&HD2)             '** CHECK TIMER FLAG
680   IF (A AND 1) = 0 GOTO 670
690   A=INP(&HD0)
700   PRINT HEX$(A);SPC(2);
710 NEXT I
720 OUT &HD0, 128           '** SET DAOUT=0
730 PRINT
740 PRINT "TEST END"
750 '
760 END
770 '
780 '
790 *DIOERROR
800 PRINT "DIGITAL I/O PORT ERROR"
810 END
820 '
```

1秒間隔にビープ音を10回発生させる（100行）

プログラマブル・タイマを50msにセット（150～170行）

ビープ音を10回発生させる（180～210行）

A-Dコンバータの入力チャネルを7にセット（340～370行）

ディジタル・ポートの出力ビットを変化させ，ディジタル入力ポートで読み出し，一致していることを確認．不一致のときは，エラー・メッセージを表示．100回繰り返す（400行）

D-Aコンバータの入力を0から255までインクリメントさせ，そのアナログ出力をA-Dコンバータへ入力し，変換結果を数値で表示する．（580行）

ディジタルI/Oポート〔エラー・メッセージ〕（790行）

〈リスト2-1〉 テスト・プログラム

リアシング・フィルタの入力を接続してから，プログラムをスタートさせます．ポート・アサインを表2-3に示します．

〈表2-3〉 I/Oポートのアサイン

アドレス	リード	ライト
×0H	A-Dコンバータのリード	D-Aコンバータのライト
×2H	タイマ・フラグ（b_7）	A-Dチャネル・セレクト（b_0～b_2）
×4H	ディジタル入力（b_0）	ディジタル出力（b_0）
×8～×EH	プログラマブル・タイマ	プログラマブル・タイマ

（注）×は，ディップ・スイッチで設定される上位4ビット・アドレス

◆参考・引用*文献◆

(1) サイエンス．数理科学，1984年6月号№252，p. 33.

(2) 丸善，理科年表，東京天文台編，物85.

(3) 佐藤清忠；パソコンとA-Dコンバータのインターフェース技術，トランジスタ技術，1984年2月号，p. 309.

(4)*National Semiconductor Data Conversion/Acquisition Data Book，1984年.

3 ロジック・アナライザの製作

電子回路を設計するときのトラブルの原因として，タイミングずれなどの現象があります．このタイミングずれが繰り返し現象である場合は，オシロスコープで観測することができますが，単発現象の場合はそうはいきません．

単発現象を観測するためには，ロジック・アナライザがありますが，高価で一般ビギナにはとても使えるものではありません．それに，コンピュータに接続し，簡易言語で自分本位の解析方式にレベルアップできるシステムにするには，何百万円もかかります．

そこで，一般に手に入るパソコンと接続し，データ解析システムまで発展できるロジック・アナライザを考えてみました．

3-1 ロジック・アナライザの原理

最初に考えたのは48KバイトのS-RAMボードを用い，カウンタでアドレス・アップしていく実に簡単な構成のものです．

48Kバイトすべてをパソコンのメモリ上に転送するのも面倒なので，ソフトウェア上で効率よくデータをつめていきました．

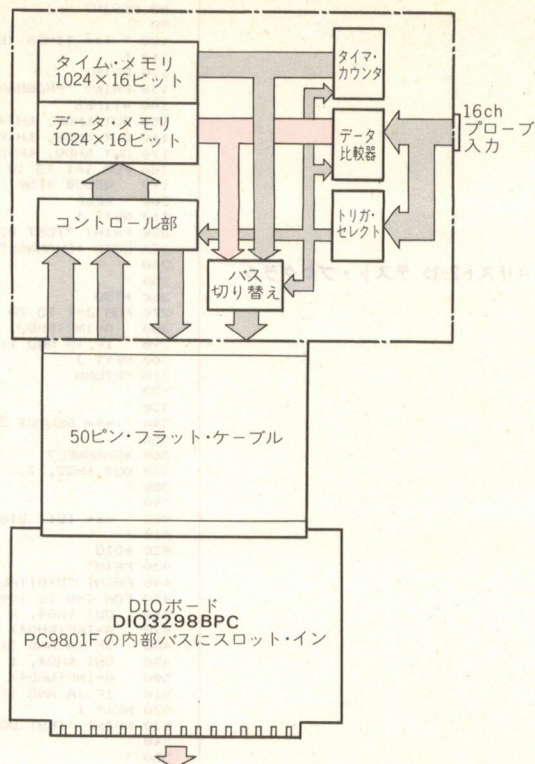
配列を2種類，つまりサンプルしたデータ値の配列と，時間データ値の配列を用意し，データとしてもっとも古いデータから，次々にデータ比較を行い，データが同じならばそのデータは捨てて，データが違っていたら(データの変化点ならば)もっとも古いデータからのクロック数を時間データの配列に，またその時のサンプルしたデータ値を，サンプル・データの配列に加えていくと，データは実に効率よくメモリ内に納まっていきます．

こうすることによって，パソコンでのデータ検索を楽に行うことができます．ただし，当時はRAMに6116を用いたために，せいぜい200nsでサンプリングするのが限度でした．

次に製作したのは，以前のようなソフトウェアで行ったことをハードウェア上に置き換え，なおかつRAMに2114の高速バージョンであるHM6148HP-35を用い，50ns20MHzのサンプリングを目標に製作しました．

3-2 ロジック・アナライザの構成

パソコンは，PC9801Fを用いました．I/Oボードには市販品(サイエンス社；DIO3298B)を用いましたが，回路構成は簡単ですので自作も可能です．回路図は後で示します．

データの取り込み方式には前記の変化点サンプリングと，従来の基本クロックごとに取り込むフル・サンプリングの2種類があります．

〈図3-1〉システム構成図

GPIBのバス・モニタやA-Dコンバータなどへの拡張性を考えて，入力は16ch/TTLレベルとし，測定条件などはすべてパソコン側からソフトウェアで指定できるようにしました．

システム構成を図3-1に，システム仕様を表3-1に示します．基板は，コントロール部とメモリ部の2枚に分けました．

3-3 コントロール基板の回路構成

コントロール・ボードのブロック図を図3-2に，回路図を図3-3に示します．クロック・オシレータには，出力の安定な20MHzのクロック・モジュールを使用しました．

また，サンプリング・クロックは，図3-3に示すようにクロック・オシレータの出力を分周し，×1，×1/2，×1/4の3種類と，×1，×1/10，×1/100，×1/1000，×1/10000の5種類を組み合わせて15種類より選定することができます．また，外部クロック入力も可能にしています．外部クロックは，パルス幅の“L”レベルが25ns以上は必要ですので注意してください．

制御部のカウンタは，プリトリガを行うためのカウンタで，原則的にデータはトリガ以前のデータを128

〈表3-1〉システムの仕様

(1) データ入力：　16ch…………スレッショルド　TTLレベル(＋1.4V±0.2V)
(2) トリガ入力：　外部入力……最小パルス幅　100ns(min)
　内部入力……1ch～16ch中，任意の1ch
　最小パルス幅　100ns(min)
＊トリガの内部，外部入力切り替えおよび内部トリガの入力chの選択は，キーボードから任意指定可能.
(3) トリガ極性：　両極性………トリガ入力の内部，外部にかかわらず，
　立ち上がり(＋)/立ち下がり(－)をキーボードからの
　任意指定可能.
(4) サンプル・クロック：外部入力……50ns以上(20MHz以下)
　内部入力……15種類

50ns,	100ns,	200ns
500ns,	1μs,	2μs
5μs,	10μs,	20μs
50μs,	100μs,	200μs
500μs,	1ms,	2ms

＊サンプル・クロックの内部，外部入力切り替えおよび内部クロック周期の切り替えは，キーボードから任意指定可能.
(5) 最小サンプリング可能パルス幅：サンプリング間隔＋10ns
(6) メモリ・サイズ：　データ・メモリ……1024×16ビット
　タイム・メモリ……1024×16ビット
(7) サンプリング方式：
① 変化点サンプリング
データの変化点のみ，その時の時間とサンプル・データをメモリに記憶する．1Kバイトのメモリ容量で，最大64Kバイトに相当する時間区間をサンプルできる.
② フル・サンプリング
従来のロジック・アナライザのサンプリング方式.
サンプル・クロックごとにメモリに記憶する.
＊キーボードからの任意指定可能.
(8) データ・ポジション：
① 変化点サンプリング時
トリガ前128変化点，以後データ変化点の密度によって取り込み数は変化する　(64K×サンプル・クロック以内)
② フル・サンプリング時
トリガ以前128サンプル，以後896サンプル

バイト，トリガ以後896バイトを確保して，測定を終了します.

本システムには2種類のサンプリング方式があります.

①フル・サンプリング方式

この方式は1クロックごとにメモリに取り込む，ロジック・アナライザ本来の方式です.

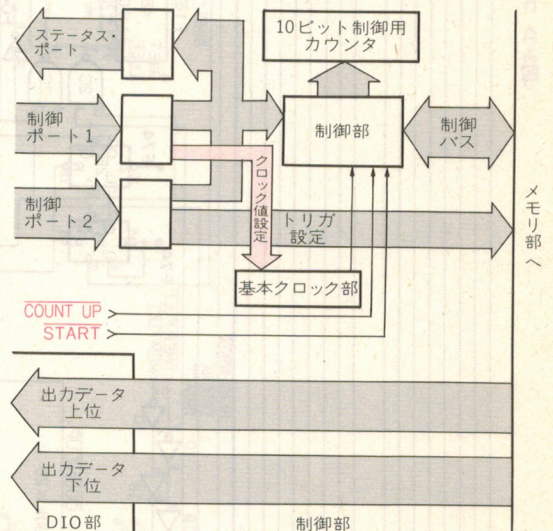
②変化点サンプリング方式

1クロックごとに前回のデータと比較し，同じならばメモリに書き込みます．違っていた時に限って，その時の時間データとともに，サンプリング・データを書き込みます．メモリ基板には16ビットのタイム・カウンタをもっているため，変化点が896バイト以下の場合は，実に64Kバイトのメモリに相当する時間幅を，本システムは取り込んだことになります.

3-4　メモリ基板の回路構成

図3-4にメモリ基板のブロック図を図3-5には回路図を示します.

トリガ入力は，内部トリガでは図のように74150を用い，16chの中の1ビットを任意に指定できます．また外部トリガ指定もできます．トリガは，コントロール・ボード上で，74F86によって任意に論理反転できるようになっています.

〈図3-2〉コントロール部のブロック図

3-5　本システムのカウンタの働き

本システムには，三つのカウンタがあります．すなわち，

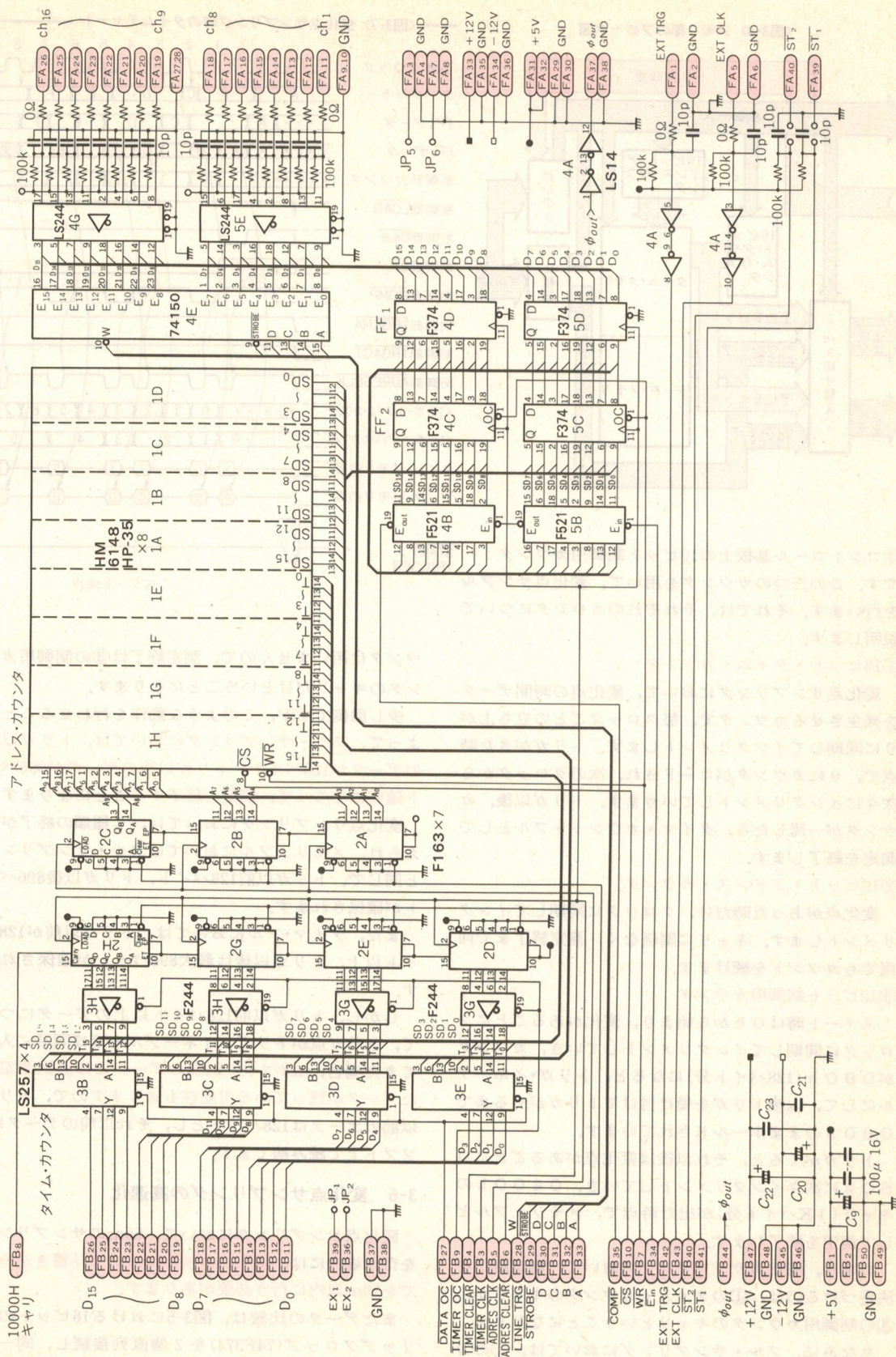
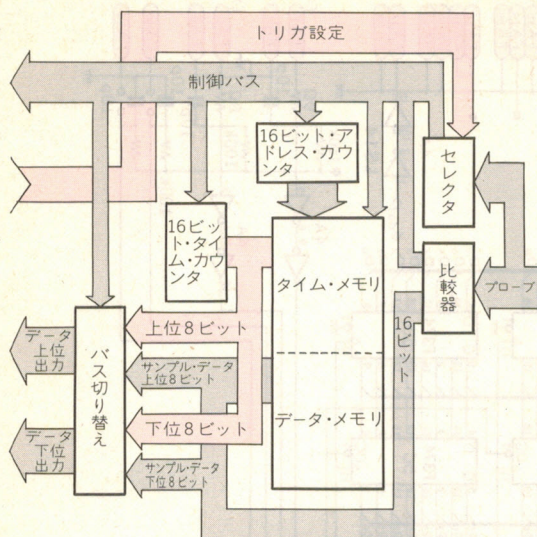
①メモリ基板上の16ビット・タイム・カウンタ

②メモリ基板上の10ビット・アドレス・カウンタ

〈図3-3〉コントロール・ボードの回路図

〈図3-5〉メモリ・ボードの回路図

〈図3-4〉メモリ部のブロック図

〈図3-7〉変化点サンプリング時のタイムチャート

③コントロール基板上の10ビット制御用カウンタです．この三つのカウンタを用いて，変化点サンプルを行います．それでは，それぞれのカウンタについて説明します．

①16ビット・タイム・カウンタ

変化点サンプリングにおいて，変化点の時間データを発生させるカウンタで，毎クロックごとの立ち上がりに同期してインクリメントします．トリガがきた時点で，0にカウンタがロードされ，次のクロックから次々にインクリメントしていきます．トリガ以後，カウンタが一周したら，タイマ・カウント・フルとして測定を終了します．

②10ビット・アドレス・カウンタ

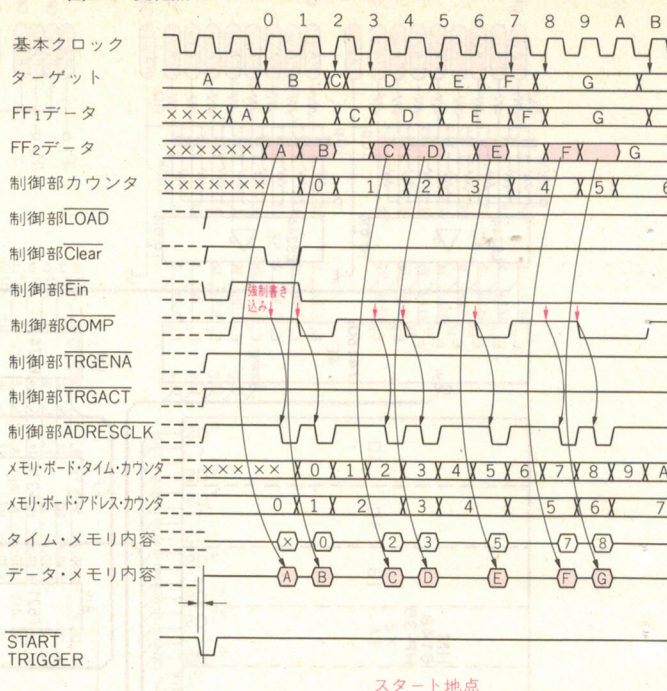
変化点があった時だけ，クロックに同期してインクリメントします．キャリに関係なく，測定終了まで何周でもカウントを続けます．

③10ビット制御用カウンタ

スタート時は０ｈから始まり，変化があるごとにクロックに同期してインクリメントしていき，カウンタが０８０ｈ(128バイト分)になると，トリガ・イネーブルにして，以後トリガを受け付けてトリガがくるまで０８０ｈのままホールドされています．

トリガがくると，それ以後は変化点があるごとに０８０ｈに次々インクリメントしていき，０４００ｈのキャリ(１Kバイト分)が出た時点で，メモリ・フルとして測定を終了します．

つまり，変化点サンプリングにおいて，測定終了を決定づけるのは，①のタイム・カウンタのキャリか，③の制御用カウンタのキャリということになります．

ちなみに，フル・サンプリングにおいては，①のカウンタは用いませんので，測定終了は③の制御用カウンタのキャリだけということになります．

少し面倒ですが，このような動作を行わせることによって，フル・サンプリングにおいては，トリガ以前のデータが128バイト，トリガ以後のデータが896バイト確実にそろって，測定を終了することになります．

変化点サンプリングにおいては，2種類の終了が考えられ，メモリ・フルにおいてはフル・サンプリングと同じで，トリガ以前128バイト，トリガ以後896バイトが確保されます．

また，タイマ・フルにおいては，トリガ以前が128バイト以上，トリガ以後は最大896バイトが確保されます．

しかし，トリガ以前128バイト以上のデータについて，トリガ点がトリガ・イネーブルとほぼ同時に入ってきた場合，128バイト以前のデータには前回測定したデータが残っている可能性もありますので，トリガ以前のデータは128バイトとし，それ以前のデータは，ソフト上で読み捨てます．

3-6 変化点サンプリングの高速化

変化点サンプリングにおいて，50nsのサンプリングを行う場合には，変化点の検出からメモリ書き込みまでを50ns以内に行う必要があります．

またデータの比較は，図3-5における16ビットのフリップフロップ(74F374)を2個直列接続し，同一ク

〈図3-6〉トリガ付近の動作

ロックでセットします．1番目のフリップフロップFF_1に今回のデータが，2番目のフリップフロップFF_2に前回のデータが残っています．これを74F521で比較します．

クロックの立ち上がりを基準にゲート遅延を考えると，LS TTLにおいてはフリップフロップで最大28nsかかり，さらにコンパレータまでくると43nsかかります．残り7nsで書き込むことは不可能です．

そこで1クロック遅れの書き込みを行うことにします．1周遅れだと，メモリにストアするデータは2番目のフリップフロップに残っています．書き込みパルスは，コンパレータの出力をクロックの立ち上がりでサンプルすることによって行います．

このように，高速化においては非同期のラインやレベル的なラインは，できる限り入力側のほうで合成し，クロック同期はできる限り出力側にもってくるようにします．コントロール部の高速ラインは，すべてFタイプのTTLまたはショットキ・タイプのTTLを使用し，1ゲート遅延は6ns以内に抑えてください．ただし，FタイプのTTLは静電気に比較的弱いので，使用しないゲートについては，入力のプルダウンを行ってください．

内部トリガ・セレクタの74150は，ノーマル・タイプしか発売されていないようで，ゲート遅延に最大35ns要します．これに関しては，実際に書き込まれたデータよりも50ns遅れになる可能性があります．

またトリガは，エッジを検出していますので，内部トリガにおいてはトリガのパルス幅が50ns以内の場合はトリガはかかりますが，データとしての確認はできないこともあります．

3-7 トリガ付近の動作

トリガが来たということを表す時間データは，強制的にロードされる“0”ですが，この強制ロードは，前の変化点の何クロック後であるかということを残すために，強制的に2バイト書き込みを行っています．これは，1バイト目にトリガのきたカウンタの内容(トリガ点)を，2バイト目(1クロック後)のメモリに強制ロードの“0”を書き込むことによって，前の変化点からトリガ点までのクロック数，およびトリガ点から次の変化点までの時間関係をつなぐことができるわけです．

なお，強制書き込みの2バイト目のデータは図3-5に示すように，あくまでもトリガ・ポイントを見つけるためのデータですので，サンプリング・データが，トリガ点より変化していないのなら，強いてタイムチャート上に表示する必要はありません(図3-6参照)．

図3-7に変化点サンプリング時のタイムチャートを示します．フル・サンプリングは，タイミング図中の強制書き込み($\overline{E_{in}}$)を“H”レベルにしておきます．

本システムのコネクタ表を表3-2，表3-3に示します．また表3-4，表3-5に端子の機能を示します．

3-8 I/Oボードの概要

本システムのコントロール関係は，すべてI/Oボードを通してパソコンから制御されます．I/Oボードの回路図を図3-8に示します．

先のビット対応表に基づく設定を行った後，$\overline{\text{START}}$パルスを印加することによって測定を開始します．

測定を開始した後，ステータス・ポートの監視を行

〈表3-2〉 プローブ側コネクタ表(40ピン)

I/O	信号名称	ピン番号	ピン番号	信号名称	I/O
IN	EXT TRG	1	2	GND	OUT
	NC	3	4	GND	
IN	EXT CLK	5	6	GND	
	NC	7	8	GND	
OUT	GND	9	10	GND	
IN	ch_1	11	12	ch_2	IN
	ch_3	13	14	ch_4	
	ch_5	15	16	ch_6	
	ch_7	17	18	ch_8	
	ch_9	19	20	ch_{10}	
	ch_{11}	21	22	ch_{12}	
	ch_{13}	23	24	ch_{14}	
	ch_{15}	25	26	ch_{16}	
OUT	GND	27	28	GND	OUT
	GND	29	30	GND	
	+５V出力	31	32	+５V出力	
	+12V出力	33	34	−12V出力	
	GND	35	36	GND	
	CLK OUT	37	38	GND	
IN	$\overline{STI_1}$	39	40	$\overline{STI_2}$	IN

＊使用コネクタ：山一製　FAP-40-07．＃2
＊適合プラグ：山一製　FAS-40-17(フラット・ケーブル用)
　　　　　　：山一製　UFS-40B-04およびUFSコンタクト(ユニフレックス用)

〈表3-5〉 各端子の機能(プローブ側)

ch_1～ch_{16}	本器のプローブ入力端子
$\overline{STI_1}$, $\overline{STI_2}$	プローブからのステータス入力端子
CLK OUT	本器のサンプリング・クロック出力
EXT TRG	外部トリガの入力端子
EXT CLK	外部クロックの入力端子

＊スレッショルドは，すべてTTLレベル

います．

データ設定→測定→データ取り込み→データ処理までのフローチャートを図3-9に示します．図3-10に，それぞれの取り込み方式におけるデータの状態を示します．

図(a)はフル・サンプリングにおいて測定終了した場合で，メモリは測定終了した時点が最も新しいデータで，アドレスを１０２４番地とします．アドレス・カウンタを一つアップすると，最も古いデータが現れます．ここをアドレス１番地とします．順々にアドレスをインクリメントしていきますと，アドレス１２８番地目がトリガ点です．

図(b)は，変化点サンプリングにおけるメモリ・フル

〈表3-3〉 DIO側コネクタ表(50ピン)

ADRS=1AD0H

ピン番号	ロジック・アナライザ信号名称		IO IN/OUT	I/O アドレス
1, 2	NC		+５V	+５V
3, 4	GND		GND	GND
5	READ/WRITE		MSB	ADRS +2
6	NC		制御用ポート I	
7	NC			
8	B	クロック分周(B)	(OUTPUT)	
9	A			
10	C	クロック分周(A)		
11	B			
12	A		LSB	
13	NC			
14	NC			
15	SAMPLE DATA/TIME DATA		MSB	ADRS +4
16	CHANGE/FULL		制御用ポート II	
17	+TRG/−TRG		(OUTPUT)	
18	EXT/LINE			
19	D	内部トリガ入力		
20	C			
21	B			
22	A		LSB	
23	START		(OUTPUT)	ADRS+6
24	COUNT UP		(OUTPUT)	ADRS+0
25	TRG ENABLE	内部ステータス入力	MSB	ADRS +4
26	TRG ACT		ステータス・ポート	
27	TIMER FULL		(INPUT)	
28	MEM FULL			
29	NC			
30	NC			
31	ST_2	プローブステータス入力		
32	ST_1		LSB	
33	DO_7		MSB	ADRS +2
34	DO_6		"L"データ・ポート	
35	DO_5		(INPUT)	
36	DO_4			
37	DO_3			
38	DO_2			
39	DO_1			
40	DO_0		LSB	
41	DO_{15}		MSB	ADRS +0
42	DO_{14}		"H"データ・ポート	
43	DO_{13}		(INPUT)	
44	DO_{12}			
45	DO_{11}			
46	DO_{10}			
47	DO_9			
48	DO_8		LSB	
49	NC			
50	NC			

＊使用コネクタ：山一製 FAP-50-07．＃2

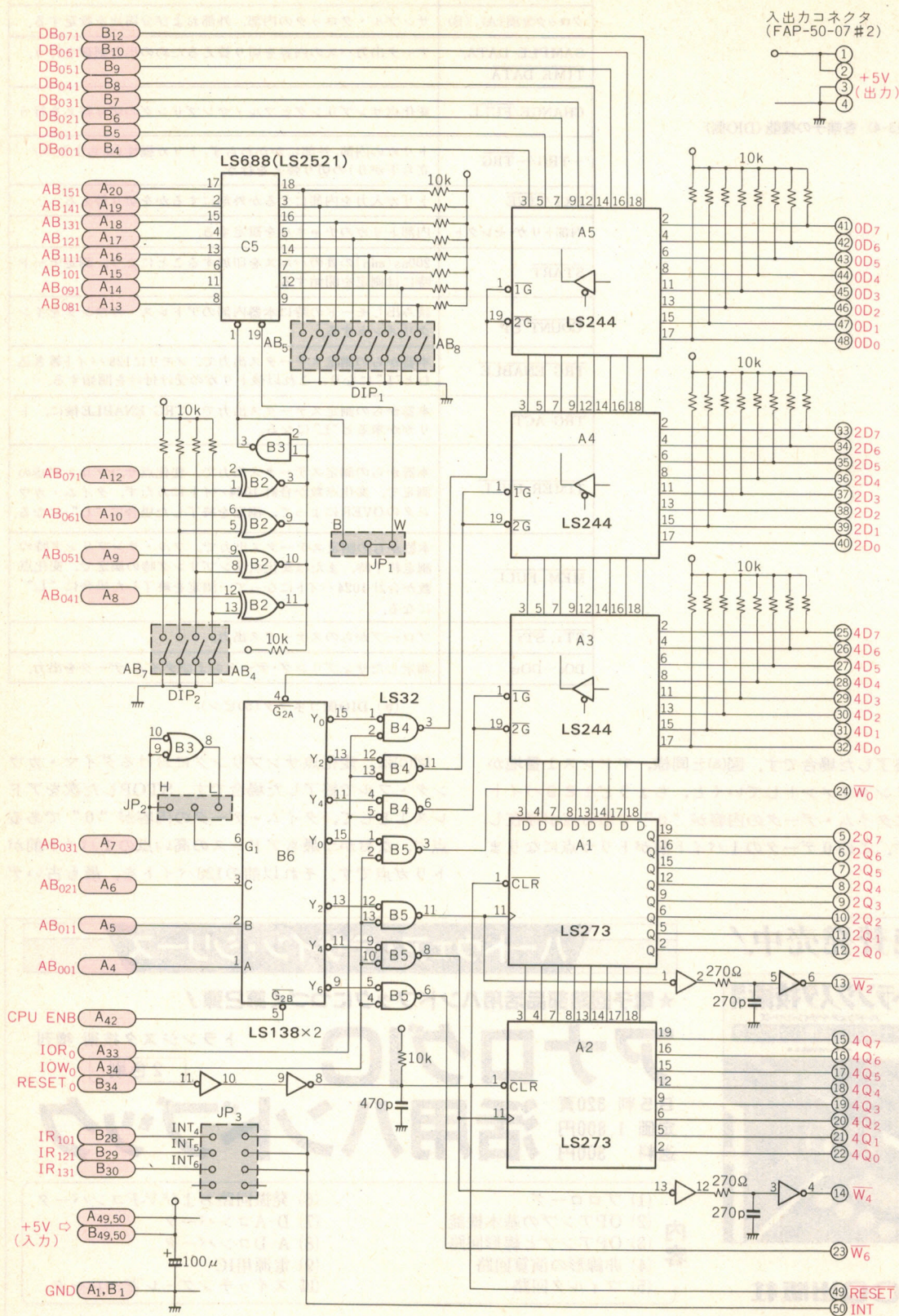
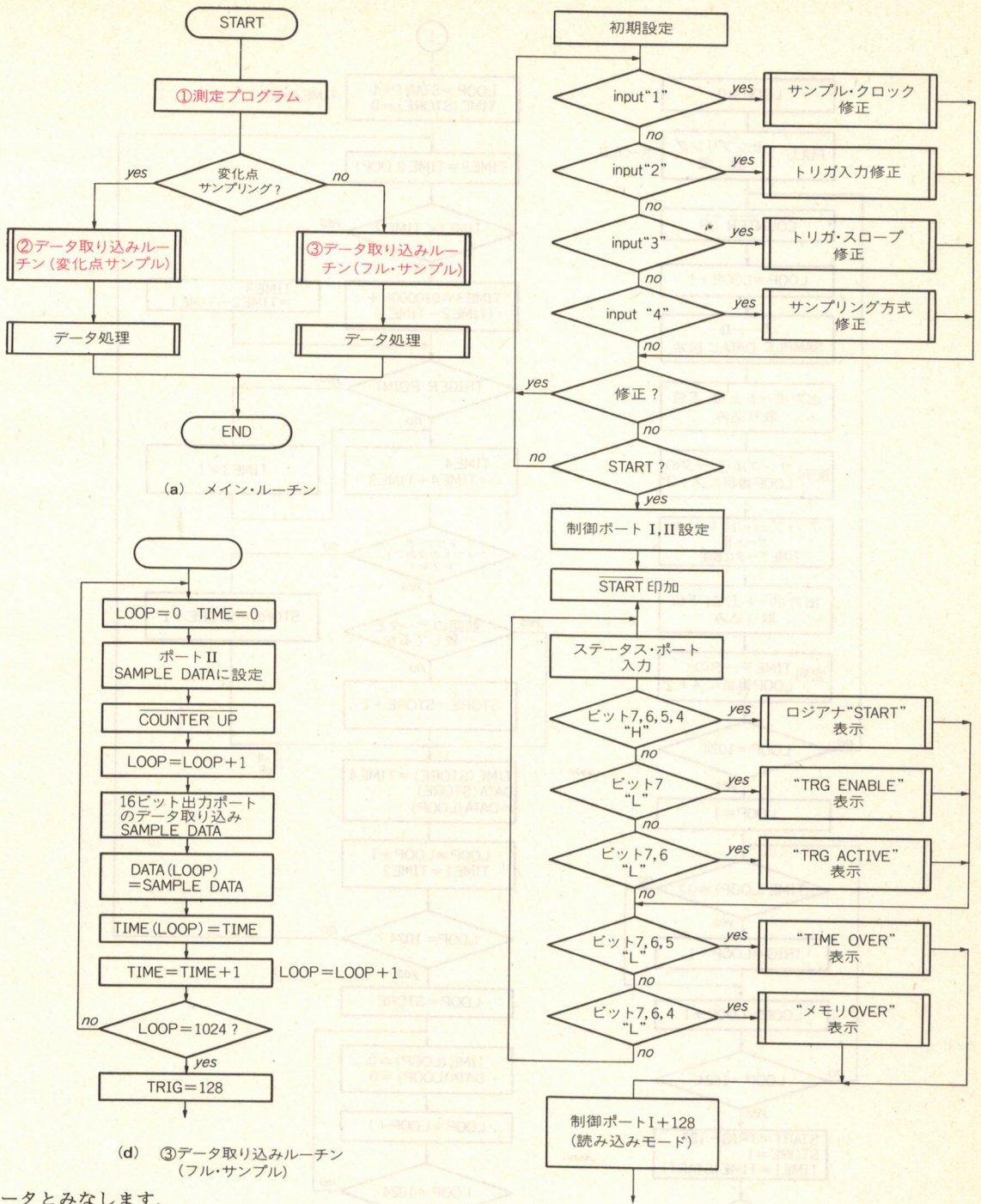
〈表3-4〉 各端子の機能（DIO側）

READ/$\overline{\text{WRITE}}$	データ読み出しモードおよび測定モードを指定する．
クロック分周(A)，(B)	サンプル・クロックの内部，外部および分周比を設定する．
SAMPLE DATA/$\overline{\text{TIME DATA}}$	データ出力バスの内容を切り替えるための出力制御を行う．
CHANGE/$\overline{\text{FULL}}$	変化点サンプリングとフル・サンプリングの切り替えを行う
＋TRG/－$\overline{\text{TRG}}$	トリガの内部，外部にかかわらず，トリガ極性（立ち上がり/立ち下がり）の切り替えを行う．
EXT/$\overline{\text{LINE}}$	トリガ入力を内部にするか外部にするかを切り替える
内部トリガ・セレクト	内部トリガのチャネルを設定する．
$\overline{\text{START}}$	200ns（min）の負のパルスを印加することにより，測定モード時には測定を開始する．
$\overline{\text{COUNT UP}}$	読み出しモードの時に本器内部のアドレス・カウンタをインクリメントする．
$\overline{\text{TRG ENABLE}}$	本器からの測定ステータス出力で，メモリに128バイト書き込むと“L”になり，これ以後トリガの受け付けを開始する．
TRG ACT	本器からの測定ステータス出力で，TRG ENABLE後に，トリガが来ると“L”になる．
$\overline{\text{TIMER FULL}}$	本器からの測定ステータス出力で，変化点サンプリング時の測定で，変化点数が合計1024バイトにみたず，タイム・カウンタのOVERによって，測定を終了した場合に“L”になる．
$\overline{\text{MEM FULL}}$	本器からの測定ステータス出力で，フル・サンプリング時の測定終了時，または変化点サンプリング時の測定で，変化点数が合計1024バイトになって，測定を終了した場合に“L”になる．
$\overline{\text{ST}_1}$, $\overline{\text{ST}_2}$	プローブからのステータス出力．
DO_0～DO_{15}	測定したサンプリング・データおよびタイム・データを出力．

(a) DIO側コネクタ（50ピン）

で終了した場合です．図(a)と同様，アドレス1番地からインクリメントしていくと，ちょうど１２９バイト後にタイム・データの内容が“０”である点が存在します．この0データの1バイト前がトリガ点になります．

図(c)は，変化点サンプリングにおけるタイマ・カウンタ・フルで終了した場合です．STOPした次をアドレス1として，タイム・データの内容が“0”である点で，なおかつ最もアドレスの高い点の1バイト前がトリガ点です．それ以前の128バイトを，最も古いデ

〈図3-8〉 PC9801用のDIOボード
入出力コネクタ
(FAP-50-07 #2)
+5V
(出力)
LS688(LS2521)
C5
DIP1
DIP2
JP1
JP2
JP3
LS244
A5
A4
A3
LS273
A1
A2
LS32
LS138×2
B6
10k
270Ω
270p
470p
100μ
CPU ENB
IOR0
IOW0
RESET0
+5V
(入力)
GND
RESET
INT

〈図3-9〉 データ処理のフローチャート

ータとみなします．

この場合のトリガ点以後のデータは896バイト以下で，ちなみに50nsのフル・サンプリング・モードにおいて，取り込み時の時間幅は，

50ns×1024≒51.2μs

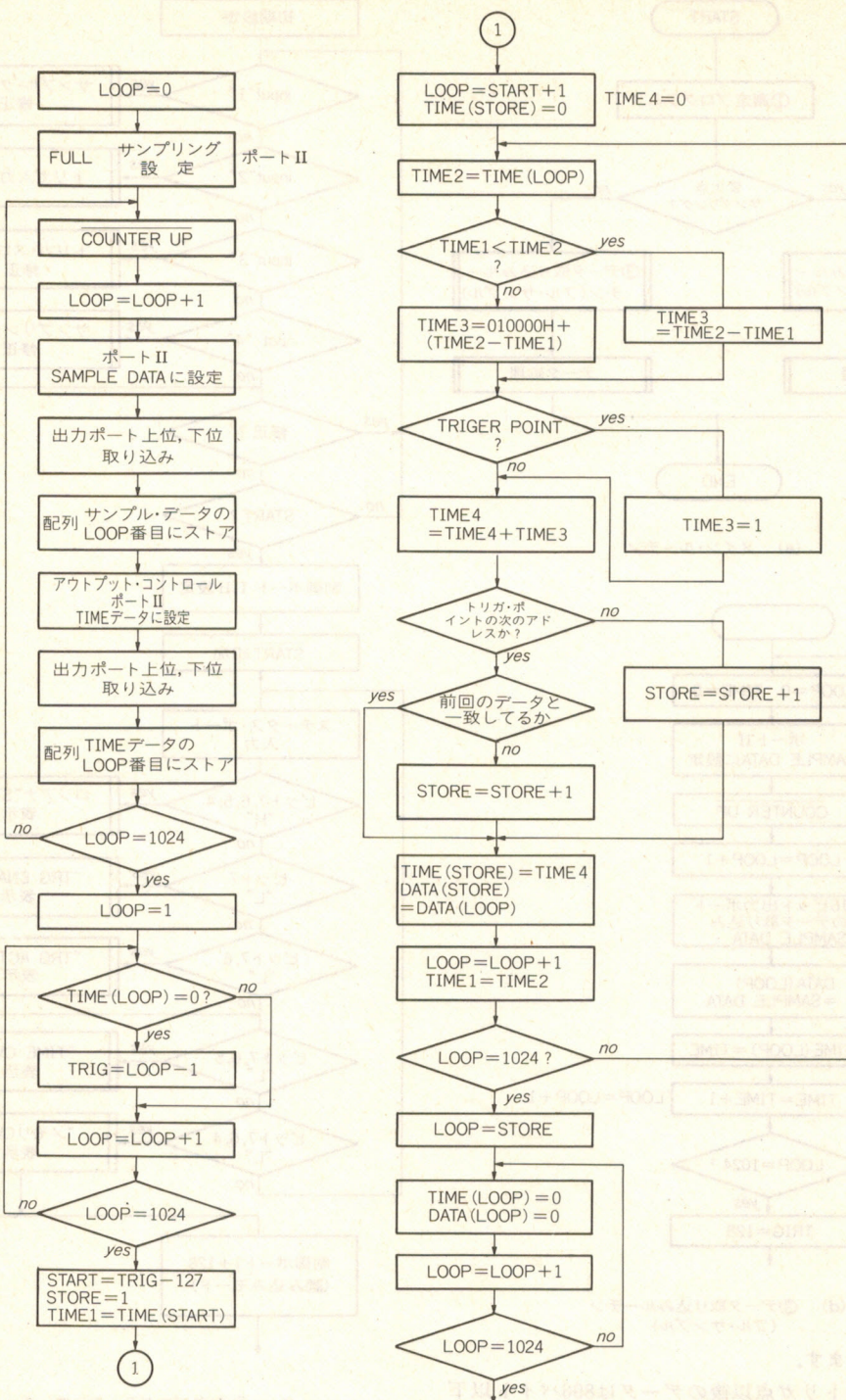
であるのに対し，この場合の取り込み時間幅は，

50ns×65536≒3.2768ms

の時間幅（64Kバイトのメモリ）に相当します．

3-9 ノイズ対策

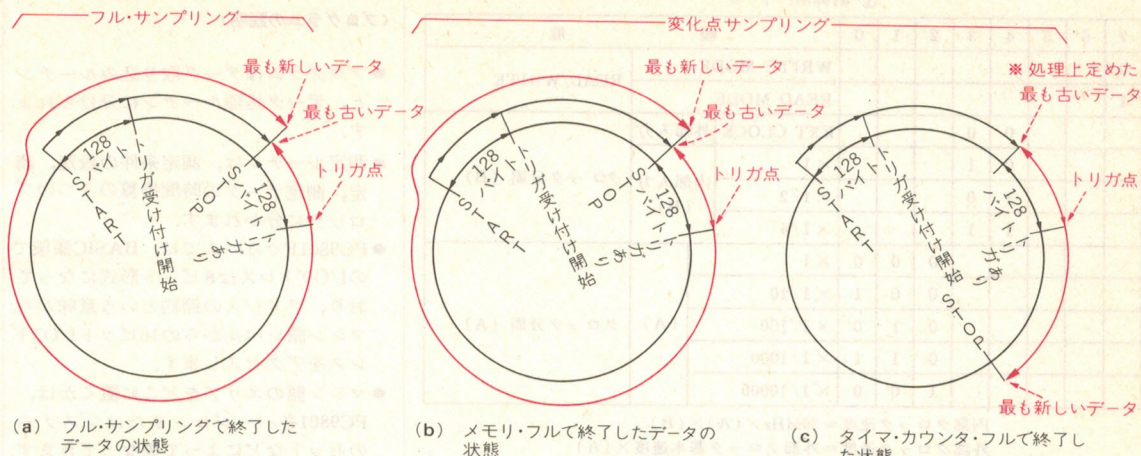
50nsサンプリングは筆者には初めてのことなので，

〈図3-9〉データ処理のフローチャート(つづき)

(c) ②データ取り込みルーチン(変化点サンプル)

〈図3-10〉データの状態

(a) フル・サンプリングで終了したデータの状態

(b) メモリ・フルで終了したデータの状態

(c) タイマ・カウンタ・フルで終了した状態

↔ DATA VALID

※：トリガ受け付け開始から実際のトリガが来るまでの遅れが0の場合も考えられるので，データの確実性からトリガ点より128バイト前と定める．

ノイズに対してはかなり悩まされました．さらに今回は，メモリ・ボードと制御ボードを2枚に分けて製作したため，アース・ラインの電位差も影響しました．

ここでは実際に16chのバイナリ・カウンタを作って実験してみました．測定結果として，プローブの長さを50cmぐらい引き回すと，チャネルごとの遅れが確認されました．

それから外部トリガにおける誤動作もあり，特にデータがFFFFhから0hに変化する時など，プローブのアース・ラインにノイズが乗りました．アースの強化という意味では，信号線16本の場合，それと対になるアース16本を設けるのが理想なのですが，それだとツールとして使いづらくなってしまいます．

この対策としては，入力インピーダンスを高くするとかプローブを短くする，トリガ・ラインのグラウンドと信号のグラウンドを分ける，最小サンプリング・パルス幅がつぶれない程度に，信号ラインにコンデンサを入れる，などが考えられます．

そこでここでは，プローブの長さを30cmに定め，10pF程度の容量をもたせ，プローブのアース・ラインの強化を行いました．その結果，誤動作を防ぐことができました．

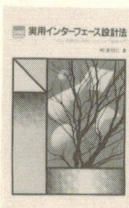
3-10 制御プログラム

プログラムは，BASICで書いてあります．PC9801は，BASICから制御できるI/O空間が少なく，I/Oをこの少ないアドレスに割り当てるのは実にもったいないことですので，アドレスは1AD0h～1ADFhに置くことにしました．これによってBASICレベルにおけるI/O空間をつぶさずにすむことになります．ただしこのアドレスは，マシン語レベルで呼ばれることになります．

測定したデータは，決められた配列に入れられますので，そのデータを利用して自分なりの方法でデータ処理を行えば，もっといろいろな解析が可能になっていきます．

最後になりましたが，各ポートの機能を表3-6に示しましたので，参考にしてください．

◆参考・引用*文献◆

(1) 岡村廸夫；標準ディジタル・バス(IEEE-488)とその応用，CQ出版社．
(2)*サイエンス㈱，DIO-3298BPC，DIO-3020PC，取り扱い説明書および回路図．
(3) 日本電気㈱，PC9801Fユーザーズ・マニュアル．
(4) 鶴野和孝；GPIB信号チェッカの製作，トランジスタ技術，1984年4月号，p. 457.

〈表3-6〉 各ポートの機能

① 制御ポート I

7	6	5	4	3	2	1	0	機能		
0								WRITE MODE		READ/WRITE
1								READ MODE		
			0	0				EXT CLOCK	外部入力	クロック分周(B)
			0	1				×1	内部入力(B)	
			1	0				×1/2		
			1	1				×1/4		
					0	0	0	×1	(A)	クロック分周(A)
					0	0	1	×1/10		
					0	1	0	×1/100		
					0	1	1	×1/1000		
					1	0	0	×1/10000		

内部クロック速度＝20MHz×(A)×(B)
外部クロック速度＝外部クロック基本速度×(A)

② 制御ポート II

7	6	5	4	3	2	1	0	機能	
0								TIME DATA	DO_0～DO_{15}の出力制御
1								SAMPLE DATA	
	0							FULL SAMPLING	サンプリング方式の設定
	1							CHANGE SAMPLING	
		0						−TRG	トリガ極性の設定(立ち上がり/下がり)
		1						＋TRG	
			1	×	×	×	×	EXT TRG	外部トリガ入力
			0	0	0	0	0	ch_1	内部トリガ入力チャネル設定
			0	0	0	0	1	ch_2	
			0	0	0	1	0	ch_3	
			0	0	0	1	1	ch_4	
			0	0	1	0	0	ch_5	
			0	0	1	0	1	ch_6	
			0	0	1	1	0	ch_7	
			0	0	1	1	1	ch_8	
			0	1	0	0	0	ch_9	
			0	1	0	0	1	ch_{10}	
			0	1	0	1	0	ch_{11}	
			0	1	0	1	1	ch_{12}	
			0	1	1	0	0	ch_{13}	
			0	1	1	0	1	ch_{14}	
			0	1	1	1	0	ch_{15}	
			0	1	1	1	1	ch_{16}	

③ ステータス・ポート

7	6	5	4	3	2	1	0	機能	
1	1	1	1					TRG ENABLE 前	書き込み時のステータス出力
0	1	1	1					TRG ENABLE 中	
0	0	1	1					TRG ACTIVE 後	
0	0	0	1					TIME OVER測定終了	
0	0	1	0					MEM OVER 測定終了	
						0	0		プローブのステータス出力
						0	1		
						1	0		
						1	1	プローブ無接続	

〈プログラムの説明〉

- プログラムはデータ取り込みルーチンと，データ処理ルーチンに分けられます．
- 測定ルーチンは，測定条件の設定，測定，測定データの時間換算の3つのブロックに分かれます．
- PC9801Fぐらいまでは，BASIC領域でのI/Oアドレスは8ビット形式になっており，アドレスの節約という意味から，マシン語レベルからの16ビットI/Oアドレスをアクセスします．
- マシン語のエリアをどこに置くかは，PC9801各バージョンまたはシステムのセットなどによって異なってきます．
- BASIC配列をたくさん使うので，セグメントの設定は，マニュアルなどを読んで設定してください．

〔リスト　850行目　DSEG＝＆H1FOO〕

- 取り込んだ16ビット2バイト・データは，取り込みデータと，タイム・カウンタの2バイトで，タイム・カウンタは，本文の手法に基いて，時間換算処理したデータとして，配列に入れます．このデータは，シーケンシャル・ファイルとして記憶できるので，個人的処理に応じたプログラムを作り，ファイルとして取り込めば，バラエティに豊んだ処理が可能です．
- 表示ルーチンは，画面上に，変化点のみをタイミング・チャート形式にして表示します．よって，変化点間の時間は，カーソルA，B2種類のカーソルを用いて表示します．また，表示ルーチンでは，HELPキー入力によって，リスト装置にコマンド表を出力します．
- プリンタ出力は，変化点の状態，データHEX表記，カーソルの初めからの各変化点における時間を出力します．
- この出力ルーチンでは，プリンタの〝ビット・イメージの印字〞や，フィード量の操作を行うため，各社プリンタに対応させるには改造が必要です．ちなみに，ここでは，MP-80 TYPE 2を想定しています．
  NECモードのプリンタなら，COPYコマンドを用いるのが無難です．

〈リスト3-1〉ロジック・アナライザ用プログラム

```
10 GOSUB 840
20 DEF SEG=DSEG:CLEAR ,DSEG
30 GOSUB 840
40 DIM A(1025),B(1025),AA$(16),BB$(16):SCREEN 0,0,0,1
50 HADRES=&H1A:' DIO CONTROLL ADRESS HIGH BYTE
60 LADRES=&HD0:' DIO CONTROLL ADRESS LOW BYTE
70 '**************************************************
80 '*  LOGIC ANALYSER PROGRAM  VOL 1,4              *
90 '*       EPSON   PRINTER   TYPE                    *
100 '*                                  AT 87/03/03   *
110 '*        FOR PC-9801F                            *
120 '*                          PROGRAM BY  T.SAWAI   *
130 '**************************************************
140 '
150 '
160 ' DIO-3298BPC I/O ADRESS IS D0~D6
170 '
180 ' DIO-3298BPC ﾉ JP-2 ﾊ "L" ﾆ ｾｯﾄ
190 '---------------------------------------------------
200 'PORT
210 '
220 '0D0~0D7 --- SAMPLE DATA HBIT/TIME DATA HBIT
230 '
240 '2D0~2D7 --- SAMPLE DATA LBIT/TIME DATA LBIT
250 '4D0~4D3 --- ST1~ST4
260 '4D4     --- (16)         /MEMORY FULL          (0)
270 '4D5     --- (32)         /TIMER COUNT FULL     (0)
280 '4D6     --- (64)         /TRIGER               (0)
290 '4D7     --- (128)        /TRIGER ENABLE        (0)
300 '
310 '2Q0~2Q2 --- SAMPLE CLOCK SET A
320 '            2Q0  2Q1   2Q2    N1
330 '        (0) 0    0     0      1
340 '        (1) 1    0     0      1/10
350 '        (2) 0    1     0      1/100
360 '        (3) 1    1     0      1/1000
370 '        (4) 0    0     1      1/10000
380 '2Q3~2Q4 --- SAMPLE CLOCK SET B
390 '            2Q3  2Q4          N2
400 '        (0) 0    0            EXT CLOCK
410 '        (8) 1    0            1
420 '       (16) 0    1            1/2
430 '       (24) 1    1            1/4
440 '            SAMPLE CLOCK (Hz)=20MHz*N1*N2*1000000
450 '2Q5     --- NC
460 '2Q6     --- NC
470 '2Q7     --- (128)     READ/WRITE               (0)
480 '
490 '4Q0~4Q3 --- LINE TRIGER SET
500 '              4Q0  4Q1  4Q2  4Q3
510 '         (0)  0    0    0    0     CH1
520 '         (1)  1    0    0    0     CH2
530 '         (2)  0    1    0    0     CH3
540 '         (3)  1    1    0    0     CH4
550 '         (4)  0    0    1    0     CH5
560 '         (5)  1    0    1    0     CH6
570 '         (6)  0    1    1    0     CH7
580 '         (7)  1    1    1    0     CH8
590 '         (8)  0    0    0    1     CH9
600 '         (9)  1    0    0    1     CH10
610 '        (10)  0    1    0    1     CH11
620 '        (11)  1    1    0    1     CH12
630 '        (12)  0    0    1    1     CH13
640 '        (13)  1    0    1    1     CH14
650 '        (14)  0    1    1    1     CH15
660 '        (15)  1    1    1    1     CH16
670 '4Q4     --- (16)          EXT/LINE            (0)
680 '4Q5     --- (32)         +TRG/-TRG            (0)
690 '4Q6     --- (64)CHANGING POINT/FULL SAMPLE    (0)
700 '4Q7     --- (128) SAMPLE DATA/TIME DATA       (0)
710 '
720 PRNS=0:' -------IF PRNS=1 THEN NEC  ELSE EPSON ------------------
730 BLOP=6:' -------BIT IMAGE /1CHR ---------------------------
740 FF$=CHR$(12):'----------------------------------------- FORM FEED
750 CR$=CHR$(&HD):'---------------------------------------- CARRIAGE RETURN
760 LF$=CHR$(&HA):'---------------------------------------- LINE FEED
770 F1D$=CHR$(&H1B)+"A"+CHR$(&H1):'------------------------- 1 LINE 1 DOT FEED
780 F7D$=CHR$(&H1B)+"A"+CHR$(&H7):'------------------------- 1 LINE 7 DOT FEED
790 F8D$=CHR$(&H1B)+"A"+CHR$(&H8):'------------------------- 1 LINE 8 DOT FEED
800 L132$=CHR$(&HF):'--------------------------------------- 1 LINE 132 CHR
810 L80$=CHR$(18):'----------------------------------------- 1 LINE 80  CHR
820 BI$=CHR$(&H1B)+"K"+CHR$(6)+CHR$(0):'-------------------- BIT IMAGE
830 GOTO 1350
840 '
850 '-------segment load------------------------
860 DSEG=&H1F00:'  PC-9801E,F SEGMENT
870 '          IF PC-9801VM THEN DSEG=&H2E00
880 RETURN
890 '-------------------------------------------
900 '-------DIO TABLE--------------------------FOR PC-9801F
910 '
920 *SETPRT2
930 POKE &H1,LADRES+2:POKE &H2,HADRES:POKE &H4,QD
940 ADRS=&H0:CALL ADRS
950 RETURN
960 *SETPRT4
970 POKE &H1,LADRES+4:POKE &H2,HADRES:POKE &H4,QD
980 ADRS=&H0:CALL ADRS
990 RETURN
1000 *START
1010 POKE &H1,LADRES+6:POKE &H2,HADRES:POKE &H4,0
1020 ADRS=&H0:CALL ADRS
1030 RETURN
1040 *CUNTUP
1050 POKE &H1,LADRES:POKE &H2,HADRES:POKE &H4,0
1060 ADRS=&H0:CALL ADRS
1070 RETURN
1080 *INP0
1090 POKE &H16,LADRES:POKE &H17,HADRES:ADRS=&H10
1100 CALL ADRS
1110 AH=PEEK(&H20)
1120 RETURN
1130 *INP2
1140 POKE &H16,LADRES+2:POKE &H17,HADRES:ADRS=&H10
1150 CALL ADRS
1160 AL=PEEK(&H20)
1170 RETURN
1180 *INP4
1190 POKE &H16,LADRES+4:POKE &H17,HADRES:ADRS=&H10
1200 CALL ADRS
1210 STUS=PEEK(&H20)
1220 RETURN
1230 *SET.MCH
1240 ADRS=0:RESTORE 1280
1250 READ MDA$:IF MDA$="END" THEN 1320
1260 POKE ADRS,VAL("&H"+MDA$):ADRS=ADRS+1
1270 GOTO 1250
1280 DATA BA,D0,1A,B0,00,EE,CF,90,90,90,90,90,90,90,90,90
1290 DATA BB,00,1E,BE,DB,BA,D4,1A,EC,BB,20,00,BB,07,CF,90
1300 DATA 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
1310 DATA END
1320 POKE &H12,DSEG ¥ 256
1330 POKE &H11,DSEG MOD 256
1340 RETURN
1350 '
1360 '
1370 '
1380 '--------------------------------------------------
1390 'MENU INPUT
1400 WIDTH 80,25
1410 CONSOLE 0,25,0,1:CLS 3:COLOR 7
1420 PRINT "********** LOGIC ANALYZER MODOKI ********** "
1430 LOCATE 50,2,1:PRINT "/      MENU          /"
1440 PRINT "  1)  DATA SAMPLE
1450 PRINT "  2)  DATA PRINT (16CH TIMING  FORMAT)
1460 INPUT "JOB ?";M
1470 ON M GOSUB 6300,1490
1480 GOTO 1460
1490 'TYMING CHART PROGRAM
1500 ON HELP GOSUB 3370
1510 WIDTH 80,20:CONSOLE 0,20,0,1
1520 '
```

```
1530 '
1540 IF DIL=1 THEN 1550 ELSE GOSUB 8840
1550 PRINT CHR$(12)
1560 CONSOLE 2,18,0,1:VPA=4:VPB=4
1570 FOR I=1 TO 16:LOCATE 0,I+2:PRINT I;:NEXT
1580 LOCATE 0,3,1:PRINT"L";
1590 LOCATE 0,18,1:PRINT"M";
1600 LOCATE 0,1,1:PRINT "TRIGGER INPUT IS (";TRGI$;"CH ";TRGP$;"TRIGGER)"
1610 DYTI#=TPT*ST
1620 LOCATE 40,1,1:PRINT "TRIGGER TIME IS ";:GOSUB 2870
1630 PRINT "(";ST$;")";
1640 IF DIL=1 THEN 1780 ELSE 1650
1650 LOCATE 0,1,1:PRINT "
                       "
1660 INPUT #1,DS,ES,TPT,ST,ST$,TRGI$,TRGP$
1670 LOCATE 0,1,1:PRINT "TRIGGER INPUT IS (";TRGI$;"CH ";TRGP$;"TRIGGER)"
1680 DYTI#=TPT*ST
1690 LOCATE 40,1,1:PRINT "TRIGGER TIME IS ";:GOSUB 2870
1700 PRINT "(";ST$;")";
1710 II=1
1720 IF EOF(1) THEN 1770
1730 INPUT #1,A,E
1740 A(II)=A:B(II)=E:II=II+1
1750 IF E=TPT THEN PT=II-1
1760 GOTO 1720
1770 CLOSE #1
1780 HELP ON
1790 HO=3:PK1=II-1:PK2=1:PK3=PK1
1800 MAXPAG=(PK3 ¥ 74)+1:PC=70 ¥ MAXPAG
1810 PT1=(((PT-(PT ¥ 74)*74)*PC) ¥ 74)+(PT ¥ 74)*PC
1820 MEN=(((PK3-(PK3 ¥ 74)*74)*PC) ¥ 74)+(PK3 ¥ 74)*PC
1830 FOR KK=1 TO II-1
1840 HO=HO+1
1850 A=A(KK):B=B(KK)
1860 COLOR 7
1870 IF KK=PK2 THEN COLOR 1
1880 IF KK=PK1 THEN COLOR 6
1890 IF B=TPT THEN COLOR 2
1900 P=A:SD=A:TD=B
1910 SDA=SD:FOR I=1 TO 16
1920 SDB=INT(SDA/2)
1930 IF 2*SDB=SDA THEN AA$="-" ELSE AA$="‾"
1940 LOCATE HO,I+2:PRINT AA$
1950 SDA=SDB:NEXT I
1960 IF B=TPT THEN BEEP
1970 IF KK=PK2 THEN LOCATE HO,19,1:PRINT"B";:L=HO+1:VPB=HO
1980 IF KK=PK1 THEN LOCATE HO,19,1:PRINT"A";:J=HO+1:VPA=HO
1990 IF B=TPT THEN LOCATE HO,19,1:PRINT"T";
2000 IF HO=77 THEN GOSUB 3040:HO=3
2010 IF KK=II-1 THEN GOSUB 3040:HO=3
2020 NEXT KK
2030 GOSUB 3040:HO=3
2040 GOTO 2030
2050 '
2060 RETURN 3040
2070 'Aカーソル
2080 LOCATE VPA,19,1:PRINT " ";
2090 LINE ((J-1)*8-1,31)-((J-1)*8-1,190),0
2100 J=4:GOTO 2210
2110 '
2120 '
2130 PK1=KK+J-(HO+1):NUM=PK1:GOSUB 3420
2140 '
2150 D$=INKEY$
2160 IF D$="" THEN 2150
2170 IF ASC(D$)=&H1C THEN 2210
2180 IF ASC(D$)=&H1D THEN 2290
2190 IF D$="S" OR D$="s" THEN RETURN 3040:ELSE 2150
2200 ' CURSOR RIGHT
2210 J=J+1
2220 VPA=J-1
2230 IF J>HO+1 THEN J=HO+1:VPA=HO
2240 '
2250 LOCATE VPA-1,19,1:PRINT " ";:LOCATE VPA,19,1:PRINT "A";
2260 LINE ((J-2)*8-1,31)-((J-2)*8-1,190),0
2270 LINE ((J-1)*8-1,31)-((J-1)*8-1,190),6:GOTO 2350
2280 ' CURSOR LEFT
2290 J=J-1:IF J<5 THEN J=5
2300 VPA=J-1
2310 '
2320 LOCATE VPA+1,19,1:PRINT " ";:LOCATE VPA,19,1:PRINT "A";
2330 LINE ((J)*8-1,31)-((J)*8-1,190),0:LINE ((J-1)*8-1,31)-((J-1)*8-1,190),6
2340 GOTO 2360
2350 IF PT=PK1 THEN LOCATE VPA-1,19,1:PRINT"T";:GOTO 2370
2360 IF PT=PK1 THEN LOCATE VPA+1,19,1:PRINT"T";
2370 IF PK2<=KK AND PK2=>KK-(HO-4) THEN 2380 ELSE 2390
2380 LOCATE VPB,19,1:PRINT "B";:LINE ((L-1)*8-1,31)-((L-1)*8-1,190),1
2390 D$=INKEY$:IF D$="" THEN 2130 ELSE 2390
2400 'Bカーソル
2410 LOCATE VPB,19,1:PRINT " ";
2420 LINE ((L-1)*8-1,31)-((L-1)*8-1,190),0:L=4:GOTO 2510
2430 '
2440 PK2=KK+L-(HO+1):NUM=PK2:GOSUB 3420
2450 '
2460 D$=INKEY$
2470 IF D$="" THEN 2460
2480 IF ASC(D$)=&H1C THEN 2510
2490 IF ASC(D$)=&H1D THEN 2590
2500 IF D$="S" OR D$="s" THEN RETURN 3040 ELSE 2460
2510 L=L+1
2520 VPB=L-1
2530 IF L>HO THEN L=HO+1:VPB=HO
2540 '
2550 LOCATE VPB-1,19,1:PRINT " ";:LOCATE VPB,19,1:PRINT "B";
2560 LINE ((L-2)*8-1,31)-((L-2)*8-1,190),0
2570 LINE ((L-1)*8-1,31)-((L-1)*8-1,190),1
2580 GOTO 2660
2590 L=L-1:IF L<5 THEN L=5
2600 VPB=L-1
2610 '
2620 LOCATE VPB+1,19,1:PRINT " ";:LOCATE VPB,19,1:PRINT "B";
2630 LINE ((L)*8-1,31)-((L)*8-1,190),0
2640 LINE ((L-1)*8-1,31)-((L-1)*8-1,190),1
2650 GOTO 2670
2660 IF PT=PK2 THEN LOCATE VPB-1,19,1:PRINT "T";:GOTO 2680
2670 IF PT=PK2 THEN LOCATE VPB+1,19,1:PRINT "T";
2680 IF PK1<=KK AND PK1>=KK-(HO-4) THEN 2690 ELSE 2710
2690 LOCATE VPA,19,1:PRINT "A";
2700 LINE ((J-1)*8-1,31)-((J-1)*8-1,190),6
2710 D$=INKEY$:IF D$="" THEN 2440 ELSE 2710
2720 '
2730 DYTI#=(B(PK1)-B(PK2))*ST:GOSUB 8520
2740 PRNDATA$="A~B="+STR$(DYTI#)+DYTI$
2750 RETURN
2760 '
2770 DYTI#=(B(PK2)-B(PK1))*ST:GOSUB 8520
2780 PRNDATA$="B~A="+STR$(DYTI#)+DYTI$
2790 RETURN
2800 '
2810 RETURN 3040
2820 CLS 3
2830 FOR I=1 TO 16:LOCATE 0,I+2,1:PRINT I;:NEXT
2840 LOCATE 0,3,1:PRINT"L";
2850 LOCATE 0,18,1:PRINT"M";
2860 RETURN
2870 IF DYTI#>1000000000# THEN DYTI#=DYTI#/1000000000#:KN=4:GOTO 2910
2880 IF DYTI#>1E+06 THEN DYTI#=DYTI#/1E+06:KN=3:GOTO 2910
2890 IF DYTI#>1000 THEN DYTI#=DYTI#/1000:KN=2:GOTO 2910
2900 KN=1
2910 PRINT USING "####.######";DYTI#;
2920 IF ST$="EXT  " THEN 2930 ELSE 2980
2930 ON KN GOTO 2940,2950,2960,2970
2940 PRINT "   ";:GOTO 3030
2950 PRINT "E+3";:GOTO 3030
2960 PRINT "E+6";:GOTO 3030
2970 PRINT "E+9";:GOTO 3030
2980 ON KN GOTO 2990,3000,3010,3020
2990 PRINT " nS";:GOTO 3030
3000 PRINT " uS";:GOTO 3030
3010 PRINT " mS";:GOTO 3030
3020 PRINT "  S";
3030 RETURN
```

```
3040 CP=KK:CPEN=CP:CPST=CP-(HO-3)
3050 CUST=(CPST*PC)¥74
3060 CUEN=(CPEN*PC)¥74
3070 GOSUB 3540
3080 LOCATE 0,2,1:PRINT"
     ";
3090 LOCATE 0,2,1:COLOR 3:INPUT "COMMAND ";CM$
3100 LOCATE 0,2,1:PRINT "                                          ";
3110 COLOR 7
3120 GOSUB 8690
3130 IF LEFT$(CM$,2)="LP" OR LEFT$(CM$,2)="LP" THEN GOSUB 4900:GOTO 2820
3140 IF LEFT$(CM$,2)="PA" OR LEFT$(CM$,2)="pa" THEN 3150 ELSE 3160
3150 KK=PK1:HO=3:GOSUB 2820:RETURN 1840
3160 IF LEFT$(CM$,2)="PB" OR LEFT$(CM$,2)="pb" THEN 3170 ELSE 3180
3170 KK=PK2:HO=3:GOSUB 2820:RETURN 1840
3180 IF LEFT$(CM$,2)="PT" OR LEFT$(CM$,2)="pt" THEN 3190 ELSE 3200
3190 KK=PT:HO=3:GOSUB 2820:RETURN 1840
3200 IF COSEL=2 THEN 3210 ELSE 3230
3210 IF KK-74+PNUM*75>PK3 THEN KK=PK3-73:GOSUB 2820:HO=3:RETURN 1840
3220 KK=KK-74+PNUM*75:GOSUB 2820:HO=3:RETURN 1840
3230 IF LEFT$(CM$,3)="CSB" OR LEFT$(CM$,3)="csb" THEN GOSUB 2400
3240 IF LEFT$(CM$,3)="CSA" OR LEFT$(CM$,3)="csa" THEN GOSUB 2070
3250 IF COSEL=1 THEN 3260 ELSE 3280
3260 IF KK-74-PNUM*75<1 THEN KK=1:GOSUB 2820:HO=3:RETURN 1840
3270 KK=KK-74-PNUM*75:GOSUB 2820:HO=3:RETURN 1840
3280 IF LEFT$(CM$,1)="E" OR LEFT$(CM$,1)="e" THEN 3360
3290 IF LEFT$(CM$,3)="RTT" OR LEFT$(CM$,3)="rtt" THEN PR2=PT:GOTO 4430
3300 IF LEFT$(CM$,3)="RTA" OR LEFT$(CM$,3)="rta" THEN PR2=PK1:GOTO 4430
3310 IF LEFT$(CM$,3)="RTB" OR LEFT$(CM$,3)="rtb" THEN PR2=PK2:GOTO 4430
3320 IF LEFT$(CM$,2)="RT" OR LEFT$(CM$,2)="rt" THEN PR2=1:GOTO 4430
3330 LOCATE 0,2,1:COLOR 2:PRINT "COMMAND ERROR !!";:BEEP:FOR TI=1 TO 1000:NEXT
3340 LOCATE 0,2,1:PRINT "                ";:COLOR 7:GOTO 3040
3350 RETURN
3360 HELP OFF:CLS 3:RETURN 1390
3370 LOCATE 0,2,1:PRINT "
     ";
3380 LOCATE 0,2,1:INPUT "COMMAND MENU PRINT OUT ";Y$
3390 IF Y$="Y" OR Y$="y" THEN 3690
3400 RETURN
3410 '
3420 PRNDATA$="":PRNDATA$="DATA(HEX)="+RIGHT$("0000"+HEX$(A(NUM)),4)+"  "
3430 LOCATE 0,2,1:COLOR 7:PRINT PRNDATA$;
3440 DYTI#=B(PK1)*ST:GOSUB 8520
3450 PRNDATA$="":PRNDATA$="O~A="+STR$(DYTI#)+DYTI$
3460 LOCATE 16,2,1:COLOR 6:PRINT LEFT$(PRNDATA$+"          ",17);
3470 DYTI#=B(PK2)*ST:GOSUB 8520
3480 PRNDATA$="":PRNDATA$="O~B="+STR$(DYTI#)+DYTI$
3490 LOCATE 34,2,1:COLOR 1:PRINT LEFT$(PRNDATA$+"          ",17);
3500 PRNDATA$=""
3510 IF PK1>=PK2 THEN GOSUB 2730 ELSE GOSUB 2770
3520 LOCATE 52,2,1:COLOR 7:PRINT LEFT$(PRNDATA$+"          ",17);
3530 RETURN
3540 'MAPING SUB
3550 PKK1=PK1 ¥ 74:PKK2=PK2 ¥ 74
3560 PC1=(((PK1-PKK1*74)*PC) ¥ 74)+PKK1*PC
3570 PC2=(((PK2-PKK2*74)*PC) ¥ 74)+PKK2*PC
3580 PPO$=""
3590 FOR PCO=0 TO 69
3600 PCO$="-"
3610 IF PCO=>CUST AND PCO=<CUEN THEN PCO$="="
3620 IF MEN<PCO THEN PCO$=" "
3630 IF PT1=PCO THEN PCO$="T"
3640 IF PC1=PCO THEN PCO$="A"
3650 IF PC2=PCO THEN PCO$="B"
3660 PPO$=PPO$+PCO$
3670 NEXT
3680 LOCATE 8,0,1:PRINT PPO$:RETURN
3690 'HELP MENU
3700 LPRINT "************************************************************************"
3710 LPRINT "*  LOGIC ANALYZER                      / COMMAND          MENU    /      *"
3720 LPRINT "************************************************************************"
3730 SP3=60:GOSUB 5920
3740 LPRINT
3750 LPRINT "1) '+nP'.....DISPLAY PAGE +n COMMAND                                    "
3760 LPRINT
3770 LPRINT "2) '-nP'.....DISPLAY PAGE -n COMMAND                                    "
3780 LPRINT
3790 LPRINT "3) 'PA'......DISPLAY PAGE +1 COMMAND FROM CUSOR A                       "
3800 LPRINT
3810 LPRINT "4) 'PB'......DISPLAY PAGE +1 COMMAND FROM CUSOR B                       "
3820 LPRINT
3830 LPRINT "5) 'PT'......DISPLAY PAGE +1 COMMAND FROM TRIGGER                       "
3840 LPRINT
3850 LPRINT "6) 'CSA'.....CURSOR A  SET   COMMAND                                    "
3860 LPRINT
3870 LPRINT "    'CSB'.....CURSOR B  SET   COMMAND                                   "
3880 LPRINT
3890 LPRINT "        ";
3900 IF PRNS=1 THEN RESTORE 5140:GOTO 3920
3910 RESTORE 5090
3920 GOSUB 5190
3930 LPRINT "'.......CURSOR  UP       '";
3940 IF PRNS=1 THEN RESTORE 5150:GOTO 3960
3950 RESTORE 5100
3960 GOSUB 5190
3970 LPRINT "'.......CURSOR  DOWN     "
3980 LPRINT
3990 LPRINT "        ";
4000 IF PRNS=1 THEN RESTORE 5160:GOTO 4020
4010 RESTORE 5110
4020 GOSUB 5190
4030 LPRINT "'.......CURSOR  LEFT     '";
4040 IF PRNS=1 THEN RESTORE 5170:GOTO 4060
4050 RESTORE 5120
4060 GOSUB 5190
4070 LPRINT "'.......CURSOR  RIGHT    "
4080 LPRINT
4090 LPRINT "                'S'.......CURSOR  SET
"
4100 LPRINT
4110 LPRINT "7) 'LP'......LINE PRINT OUT  COMMAND                                    "
4120 LPRINT
4130 LPRINT "               'O-E'.....O~END                   LINE PRINT OUT    "
4140 LPRINT
4150 LPRINT "               'O-B'.....O ~ CURSOR B            LINE PRINT OUT    "
4160 LPRINT
4170 LPRINT "               'O-A'.....O ~ CURSOR A            LINE PRINT OUT    "
4180 LPRINT
4190 LPRINT "               'B-A'.....CURSOR B ~ CURSOR A LINE PRINT OUT    "
4200 LPRINT
4210 LPRINT "               'A-B'.....CURSOR A ~ CURSOR B  LINE PRINT OUT    "
4220 LPRINT
4230 LPRINT "               'B-E'.....CURSOR B ~ END          LINE PRINT OUT    "
4240 LPRINT
4250 LPRINT "               'A-E'.....CURSOR A ~ END          LINE PRINT OUT    "
4260 LPRINT
4270 LPRINT "               'E'.....RETURN TO INPUT COMMAND                       "
4280 LPRINT
4290 LPRINT "8) 'RT'......1 PAGE REAL TIME DISPLAY COMMAND                          "
4300 LPRINT
4310 LPRINT "    'RTT'.....TRIGGER~ 1 PAGE  REAL TIME DISPLAY                       "
4320 LPRINT
4330 LPRINT "    'RTA'.....CURSOR A~ 1 PAGE  REAL TIME DISPLAY                      "
4340 LPRINT
4350 LPRINT "    'RTB'.....CURSOR B~ 1 PAGE  REAL TIME DISPLAY                      "
4360 LPRINT
4370 LPRINT "               'E'.....RETURN TO INPUT COMMAND FROM REAL TIME         "
4380 LPRINT
4390 LPRINT "9) 'E'.......END                    COMMAND                            "
4400 LPRINT "                                                                       "
4410 LPRINT FF$
4420 RETURN
4430 'REAL TIME COMMAND
4440 IF PR2=PK3 THEN GOTO 3330
4450 GOSUB 2820
4460 'LINE (31,10*17+20)-(623,10*17+20),7
4470 LINE (31,29)-(623,29),7
4480 FOR I=0 TO 74
4490 'LINE (31+I*8,10*17+20)-(31+I*8,10*17+18),7
4500 LINE (31+I*8,29)-(31+I*8,30),7
4510 LINE (31+I*8,31)-(31+I*8,10*17+17),1
4520 NEXT I
```

```
4530 FOR I=0 TO 7
4540 LINE (31+I*80,26)-(31+I*80,29),7
4550 'LINE (31+I*80,10*17+22)-(31+I*80,10*17+21),7
4560 LOCATE I*10+4,2,1:DYTI#=I*10*ST:GOSUB 8520:PRINT USING "###";DYTI#;:PRINT D
YTI$;
4570 'LOCATE I*10+4,19,1:PRINT USING "###";DYTI#;:PRINT DYTI$;
4580 NEXT I
4590 HO=3:RK=PR2+1:G=B(RK-1):RTST=G
4600 '
4610 A=A(RK-1):B=B(RK)
4620 P=A:SD=A:TD=B
4630 FOR RDM=1 TO 16:AA$(RDM)="-":NEXT RDM
4640 FOR RI=15 TO 0 STEP -1
4650 K=2^RI:K=INT(K)
4660 IF SD<K THEN 4680
4670 AA$(16-RI)="‾":SD=SD-K
4680 NEXT RI
4690 IF TD=0 THEN MAXRT=1 ELSE MAXRT=TD-G
4700 FOR RDE=1 TO MAXRT
4710 HO=HO+1
4720 IF RDE>1 THEN 4770
4730 COLOR 7
4740 IF RK-1=PK1 THEN LOCATE HO,19,1:PRINT"A";:COLOR 6:GOTO 4780
4750 IF RK-1=PK2 THEN LOCATE HO,19,1:PRINT"B";:COLOR 1:GOTO 4780
4760 IF B(RK-1)=TPT THEN LOCATE HO,19,1:PRINT"T";:COLOR 3:GOTO 4780
4770 COLOR 7
4780 FOR RDD=1 TO 16:LOCATE HO,RDD+2:PRINT AA$(17-RDD);:NEXT RDD
4790 IF HO=77 THEN GOTO 4840
4800 NEXT RDE:G=TD
4810 RK=RK+1:IF RK=PK3+1 THEN 4840
4820 GOTO 4600
4830 GOSUB 2820:HO=3:KK=PR2:RETURN 1840
4840 CP=RK:CPEN=CP:CPST=PR2
4850 CUST=(CPST*PC)/75-1
4860 CUEN=(CPEN*PC)/75-1
4870 GOSUB 3540
4880 EK$=INKEY$
4890 IF EK$="E" THEN 4830 ELSE 4880
4900 'LINE PRINT COMMAND
4910 IF PK2=1 AND PK1=PK3 THEN PL2=1:PL1=PK3:GOTO 5060
4920 LOCATE 0,2,1:INPUT "LINE PRINT WIDTH ";WID$
4930 IF LEFT$(WID$,1)="e" OR LEFT$(WID$,1)="E" THEN RETURN
4940 IF LEFT$(WID$,3)="0-E" OR LEFT$(WID$,3)="0-e" THEN PL2=1:PL1=PK3:GOTO 5060
4950 IF LEFT$(WID$,3)="0-A" OR LEFT$(WID$,3)="0-a" THEN PL2=1:PL1=PK1:GOTO 5060
4960 IF LEFT$(WID$,3)="0-B" OR LEFT$(WID$,3)="0-b" THEN PL1=PK2:PL2=1:GOTO 5060
4970 IF LEFT$(WID$,3)="B-A" OR LEFT$(WID$,3)="b-a" THEN GOTO 5040
4980 IF LEFT$(WID$,3)="A-B" OR LEFT$(WID$,3)="a-b" THEN GOTO 5040
4990 IF LEFT$(WID$,3)="B-E" OR LEFT$(WID$,3)="b-e" THEN PL2=PK2:PL1=PK3:GOTO 5060
5000 IF LEFT$(WID$,3)="A-E" OR LEFT$(WID$,3)="a-e" THEN PL2=PK1:PL1=PK3:GOTO 5060
5010 LOCATE 0,2,1:COLOR 3:PRINT "Illegal  !!";:BEEP:COLOR 7:FOR TI=1 TO 200:NEXT
5020 LOCATE 0,2,1:PRINT "                                                      ";
5030 GOTO 4920
5040 IF PK1>=PK2 THEN PL1=PK1:PL2=PK2:GOTO 5060
5050 PL1=PK2:PL2=PK1
5060 LOCATE 0,2,1:PRINT "                                                      ";
5070 GOSUB 5220:RETURN
5080 '
5090 DATA 20,40,FF,40,20,00,00,00,00:' UP ----------FOR EPSON PRINTER
5100 DATA 04,02,FF,02,04,00,00,00:'DOWN
5110 DATA 08,1C,2A,49,08,08,08,00,00:'LEFT
5120 DATA 10,10,92,54,38,10,00,00,00:'RIGHT
5130 '
5140 DATA 08,04,02,FF,02,04,08,00,00:' UP ----------FOR NEC PRINTER
5150 DATA 10,20,40,FF,40,20,10,00,00:'DOWN
5160 DATA 10,38,54,92,10,10,10,00,00:'LEFT
5170 DATA 08,08,08,49,2A,1C,08,00,00:'RIGHT
5180 '
5190 'CHR LINE PRINT OUT
5200 LPRINT BI$;
5210 FOR I=1 TO BLOP:READ CRC$:LPRINT CHR$(VAL("&H"+CRC$));:NEXT:RETURN
5220 '
5230 LPRINT "*************************************************************"
5240 LPRINT "*  LOGIC ANALYZER                                           *"
5250 LPRINT "*************************************************************"
5260 SP3=60:GOSUB 5920
5270 PAG=1:GOSUB 8330:GOSUB 6290
5280 GOSUB 5890
5290 STP=PL2:GOSUB 5720:PE=0
5300 FOR KKL=PL2 TO PL1
5310 EN$=INKEY$:IF EN$="E" OR EN$="e" THEN 5700
5320 IF KKL=PAG*70 THEN LPRINT CHR$(12):GOSUB 8330:PAG=PAG+1:GOSUB 6290:KKL=KKL-
5:GOSUB 5890:STP=KKL-1:GOSUB 5720
5330 A=A(KKL)
5340 FOR DK=1 TO 16:AA$(DK)=" | ":NEXT DK
5350 FOR K=15 TO 0 STEP -1
5360 L=INT(2^K)
5370 IF A<L THEN 5400
5380 A=A-L:AA$(K+1)="  | "
5390 GOTO 5410
5400 AA$(K+1)=" |  "
5410 NEXT K
5420 LPRINT F1D$;
5430 FOR DK=16 TO 1 STEP-1
5440 IF AA$(DK)<>BB$(DK) THEN 5540
5450 IF AA$(DK)="  | " THEN 5500
5460 IF PRNS=1 THEN RESTORE 5860:GOTO 5480
5470 RESTORE 5820
5480 LPRINT " ";:LPRINT BI$;
5490 FOR DG=1 TO BLOP:READ DJ$:LPRINT CHR$(VAL("&H"+DJ$));:NEXT DG:LPRINT " ";:G
OTO 5580
5500 IF PRNS=1 THEN RESTORE 5870:GOTO 5520
5510 RESTORE 5830
5520 LPRINT " ";:LPRINT BI$;
5530 FOR DG=1 TO BLOP:READ DJ$:LPRINT CHR$(VAL("&H"+DJ$));:NEXT DG:LPRINT " ";:G
OTO 5580
5540 IF PRNS=1 THEN RESTORE 5850:GOTO 5560
5550 RESTORE 5810
5560 LPRINT " ";:LPRINT BI$;
5570 FOR DG=1 TO BLOP:READ DJ$:LPRINT CHR$(VAL("&H"+DJ$));:NEXT DG:LPRINT " ";
5580 NEXT DK:LPRINT
5590 LPRINT F7D$;
5600 FOR DK=16 TO 1 STEP-1:LPRINT AA$(DK);:BB$(DK)=AA$(DK):NEXT DK
5610 LPRINT "   ";RIGHT$("000"+HEX$(A(KKL)),4);" ";:DYTI#=B(KKL)*ST:GOSUB 8520
5620 LPRINT USING " ####.###### ";DYTI#;:LPRINT DYTI$;
5630 IF KKL=PAG*70-5 AND PE=0 THEN LPRINT "<";:PE=1
5640 IF KKL=(PAG-1)*70-5 AND PE=1 THEN LPRINT "<";:PE=0
5650 IF TPT=B(KKL) THEN LPRINT "TRIGGER";
5660 IF KKL=PK2 THEN LPRINT "<B";
5670 IF KKL=PK1 THEN LPRINT "<A";
5680 LPRINT
5690 NEXT KKL
5700 LPRINT F8D$+FF$
5710 RETURN
5720 SD=A(STP)
5730 FOR KH=15 TO 0 STEP -1
5740 L=INT(2^KH)
5750 IF SD<L THEN 5780
5760 SD=SD-L:BB$(KH+1)="  | "
5770 GOTO 5790
5780 BB$(KH+1)=" |  "
5790 NEXT KH:RETURN
5800 '
5810 DATA 80,80,80,80,80,80:'"—" --------------FOR EPSON PRINTER
5820 DATA 80,00,00,00,00,00:'". "
5830 DATA 00,00,00,00,00,80:'" ."
5840 '
5850 DATA 01,01,01,01,01,01,01,01:'"—" --------------FOR  NEC  PRINTER
5860 DATA 01,00,00,00,00,00,00,00:'". "
5870 DATA 00,00,00,00,00,00,00,01:'" ."
5880 '
5890 LPRINT "MSB                                            LSB   "
5900 LPRINT "16 15 14 13 12 11 10  9  8  7  6  5  4  3  2  1     HEX        TIME"
5910 LPRINT :RETURN
5920 '
5930 LPRINT F7D$
5940 IF PRNS=1 THEN RESTORE 6240:GOTO 5960
5950 RESTORE 6190
5960 LPRINT TAB(SP3);
5970 FOR TL=1 TO INT(32/BLOP)
5980 LPRINT BI$;
5990 FOR DI=1 TO BLOP
6000 READ DJ$:LPRINT CHR$(VAL("&H"+DJ$));
6010 NEXT DI
```

```
6020 NEXT TL
6030 LPRINT
6040 IF PRNS=1 THEN RESTORE 6260:GOTO 6060
6050 RESTORE 6210
6060 LPRINT TAB(SP3);
6070 FOR TL=1 TO INT(32/BLOP)
6080 LPRINT BI$;
6090 FOR DI=1 TO BLOP
6100 READ DK$
6110 LPRINT CHR$(VAL("&H"+DK$));
6120 NEXT DI
6130 NEXT TL
6140 '
6150 LPRINT F8D$;
6160 LPRINT
6170 RETURN
6180 '
6190 DATA 5F,5F,5F,5F,5F,5F,5C,59,50,5E,5C,59,50,57,5C,59:'-----FOR EPSON PRINTE
R
6200 DATA 53,57,57,53,59,5D,5F,5F,50,50,5F,5F,5F,5F,00,00
6210 DATA FA,FA,FA,EA,CA,1A,7A,FA,0A,3A,7A,FA,0A,EA,3A,9A
6220 DATA CA,EA,EA,CA,9A,BA,FA,FA,0A,0A,FA,FA,FA,FA,00,00
6230 '
6240 DATA FA,FA,FA,FA,FA,FA,FA,3A,9A,0A,7A,3A,9A,0A,EA,3A:'-----FOR  NEC
6250 DATA 9A,CA,EA,EA,CA,9A,BA,FA,FA,0A,0A,FA,FA,FA,FA,FA
6260 DATA 5F,5F,5F,5F,57,53,58,5E,5F,50,5C,5E,5F,50,57,5C
6270 DATA 59,53,57,57,53,55,5D,5F,5F,50,50,5F,5F,5F,5F,5F
6280 '
6290 LPRINT"
  PAGE ";PAG :RETURN
6300 'LOGANA SAMPLING PROGRAM
6310 GOSUB *SET.MCH
6320 REM ****************************************************
6330 REM *      LOGANA SAMPLING PROGRAM VOL 1.1             *
6340 REM *                        AT 84/08/14   BY T SAWAI  *
6350 REM ****************************************************
6360 GOSUB 7260
6370 CONSOLE 3,22,0,1
6380 PRINT CHR$(12):CONSOLE 8,17,0,1
6390 '
6400 '
6410 LOCATE 0,4,1:PRINT " 1) SAMPLING TIME IS --   ";ST$;
6420 LOCATE 35,4,1:PRINT " 2) TRIGGER INPUT IS ---- ";TRGI$;" CH ";
6430 LOCATE 0,5,1:PRINT " 3) TRIGGER SLOPE IS -- ";TRGP$;"TRIGGER";
6440 IF DS=1 THEN 6460
6450 LOCATE 35,5,1:PRINT " 4) SAMPLING FORMAT IS -- FULL   SAMPLE":GOTO 6470
6460 LOCATE 35,5,1:PRINT " 4) SAMPLING FORMAT IS -- CHANGE SAMPLE"
6470 LOCATE 10,15,1
6480 INPUT " EDIT MENU    (1~4) IF END THEN 'E'";EM$
6490 EM=VAL(EM$)
6500 IF EM$="E" OR EM$="e" THEN 6540
6510 IF EM$="N" OR EM$="n" THEN 1390
6520 ON EM GOSUB 7480,8000,7850,7950
6530 GOTO 6370
6540 PRINT CHR$(12)
6550 LOCATE 25,15,1:INPUT "   START READY    ";Y$
6560 Q4=Q42+Q43+Q44:QD=Q4:GOSUB *SETPRT4:'----------------------PORT 4Q SET
6570 QD=Q2
6580 GOSUB *SETPRT2:'-------------------------------------------PORT 2Q SET
6590 IF Y$<>"Y" AND Y$<>"y" THEN 6370
6600 FOR TI=1 TO 100:NEXT TI:PRINT CHR$(12)
6610 GOSUB *START:'-------------------------------------LOGANA SAMPLE START
6620 GOSUB 8230
6630 '
6640 PRINT CHR$(12)
6650 LOCATE 25,16,1:PRINT"WAITING !!!"
6660 QD=Q2+128
6670 GOSUB *SETPRT2:'---------------------------------PORT 2Q READ MODE SET
6680 IF DS=1 THEN RDG=Q4+128-64 ELSE RDG=Q4+128
6690 QD=RDG
6700 GOSUB *SETPRT4:'----- PORT 4Q SET OF FULL SANPLE AND SAMPLE DATA READ
6710 FOR CD=1 TO 1023
6720 GOSUB *CUNTUP:'-------------------------------------ADRESS COUNTER 1 UP
6730 GOSUB *INP0:'-----------------------------READ OF SAMPLE DATA HIGH BYTE
6740 GOSUB *INP2:'------------------------------READ OF SAMPLE DATA LOW BYTE
6750 A(CD)=AH*256+AL:SDD=AH*256+AL
6760 IF DS=0 THEN B(CD)=CD-1:GOTO 6850
6770 QD=Q4-64
6780 GOSUB *SETPRT4:'--------PORT 4Q SET OF FULL SAMPLE AND TIME DATA READ
6790 GOSUB *INP0:'---------------------------------READ OF TIME DATA HIGH BYTE
6800 GOSUB *INP2:'----------------------------------READ OF TIME DATA LOW BYTE
6810 TD=AH*256+AL:B(CD)=TD
6820 IF TD=0 THEN TRIG=CD
6830 QD=RDG
6840 GOSUB *SETPRT4:'----- PORT 4Q SET OF FULL SANPLE AND SAMPLE DATA READ
6850 LOCATE 28,17,1:PRINT 1023-CD;
6860 NEXT CD
6870 IF DS=0 THEN START=1:TPT=128:PT=127:DIL=1:II=1023:GOTO 7120
6880 TPT=128
6890 IF TRIG=0 THEN LOCATE 30,15,1:PRINT"NG !!!!":STOP
6900 '
6910 START=TRIG-127:STORE=1:ERA=0:PT=0
6920 B1=B(START):B4=0:A(1)=A(START):B(1)=0
6930 FOR N=START+1 TO 1023
6940 'PRINT RIGHT$("000"+HEX$(N),4);"=";RIGHT$("000"+HEX$(A(N)),4);"-";RIGHT$("0
00"+HEX$(B(N)),4);"   ";
6950 'PRINT RIGHT$("000"+HEX$(STORE),4);"=";RIGHT$("000"+HEX$(A(STORE)),4);"-";B
(STORE)
6960 B2=B(N)
6970 IF B2>=B1 THEN 6980 ELSE 6990
6980 B3=ABS(B2-B1):GOTO 7000
6990 B3=ABS(&HFF*256+&HFF+1+(B2-B1))
7000 IF N=TRIG THEN TPT=B4:B4=TPT+1:GOTO 7020
7010 B4=B4+B3
7020 B(STORE+1)=B4:A(STORE+1)=A(N)
7030 IF ERA=1 THEN ERA=0:GOTO 7060
7040 IF N=TRIG-1 THEN PT=STORE+1:ERA=1
7050 STORE=STORE+1
7060 B1=B2:NEXT
7070 '
7080 II=STORE-1
7090 FOR CDD=II+1 TO 1023
7100 A(CDD)=0:B(CDD)=0
7110 NEXT CDD:DIL=1
7120 BEEP:PRINT CHR$(12)
7130 LOCATE 25,16,1:INPUT "FILE ﾄｳﾛｸ ｼﾏｽｶ ?";Y$
7140 IF Y$="Y" OR Y$="y" THEN 7150 ELSE 7250
7150 GOSUB 7350
7160 OPEN FILE$ FOR OUTPUT AS #1
7170 PRINT #1,DS;ES;TPT;ST;ST$;",";TRGI$;",";TRGP$
7180 CD=1
7190 '
7200 PRINT #1,A(CD),B(CD)
7210 IF CD=II THEN 7240
7220 CD=CD+1
7230 GOTO 7190
7240 CLOSE #1:DIL=0
7250 RETURN 1390
7260 WIDTH 80,25:CONSOLE 0,25,0,1:PRINT CHR$(12)
7270 PRINT "**********    LOGIC ANALYZER MODOKI   ********** "
7280 LOCATE 50,2,1:PRINT "/ SAMPLE MODE       /"
7290 CONSOLE 3,22,0,1
7300 Q2=16+1:ST$="1  uS":ST=1000
7310 Q42=16:TRGI$="EXT"
7320 Q43=32:TRGP$="+"
7330 Q44=64:DS=1
7340 RETURN
7350 PRINT CHR$(12)
7360 PRINT "             FILE LIST ｶﾞ ﾎｼｲ ﾊﾞｱｲﾊ,'FILES 1' ﾏﾀﾊ 'FILES 2' ｦ INPUT  "
7370 PRINT "             FILE NAME ｶﾞ ﾇﾙ ﾃﾞｼﾀﾗ ｼﾄﾞｳﾃｷﾆ 'ｶﾘｷｵｸ' ﾆ ﾅﾘﾏｽ   "
7380 PRINT
7390 INPUT "FILE NAME ｦ INPUT ｼﾃ ｸﾀﾞｻｲ ";FILE$
7400 IF FILE$="FILES" OR FILE$="files" THEN GOTO 7460
7410 IF FILE$="FILES 1" OR FILE$="files 1" THEN GOTO 7460
7420 IF FILE$="FILES 2" OR FILE$="files 2" THEN GOTO 7470
7430 IF LEFT$(FILE$,5)="FILES" OR LEFT$(FILE$,5)="files"  THEN 7350
7440 IF FILE$="" THEN FILE$="ｶﾘｷｵｸ"
7450 RETURN
7460 PRINT CHR$(12):FILES:PRINT :GOTO 7390
7470 PRINT CHR$(12):FILES 2:PRINT :GOTO 7390
7480 PRINT CHR$(12)
```

```
7490 PRINT " ┌──────────────────────────────┐"
7500 PRINT " |      SAMPLING TIME MENU        |"
7510 PRINT " ├────┬──────┬────┬──────┬────┬──────┤"
7520 PRINT " |No | TIME  |No | TIME  |No | TIME  |"
7530 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┤"
7540 PRINT " | 1)| 50 nS  | 2)| 100nS  | 3)| 200nS |"
7550 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┤"
7560 PRINT " | 4)| 500nS  | 5)| 1  uS  | 6)| 2  uS |"
7570 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┤"
7580 PRINT " | 7)| 5  uS  | 8)| 10 uS  | 9)| 20 uS |"
7590 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┤"
7600 PRINT " |10)| 50 uS  |11)| 100uS  |12)| 200uS |"
7610 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┼────┬──────┐"
7620 PRINT " |13)| 500uS  |14)| 1  mS  |15)| 2  mS |16)| EXT  |"
7630 PRINT " └────┴──────┴────┴──────┴────┴──────┴────┴──────┘"
7640 PRINT
7650 LOCATE 55,10,1:INPUT "SAMPLE TIME (No) ";M
7660 ON M GOTO 7680,7690,7700,7710,7720,7730,7740,7750,7760,7770,7780,7790,7800,
7810,7820,7830
7670 GOTO 7650
7680 Q2=8:ST$="50 nS":ST=50:GOTO 7840
7690 Q2=16:ST$="100nS":ST=100:GOTO 7840
7700 Q2=24:ST$="200nS":ST=200:GOTO 7840
7710 Q2=8+1:ST$="500nS":ST=500:GOTO 7840
7720 Q2=16+1:ST$="1  uS":ST=1000:GOTO 7840
7730 Q2=24+1:ST$="2  uS":ST=2000:GOTO 7840
7740 Q2=8+2:ST$="5  uS":ST=5000:GOTO 7840
7750 Q2=16+2:ST$="10 uS":ST=10000:GOTO 7840
7760 Q2=24+2:ST$="20 uS":ST=20000:GOTO 7840
7770 Q2=8+3:ST$="50 uS":ST=50000!:GOTO 7840
7780 Q2=16+3:ST$="100uS":ST=100000!:GOTO 7840
7790 Q2=24+3:ST$="200uS":ST=200000!:GOTO 7840
7800 Q2=8+4:ST$="500uS":ST=500000!:GOTO 7840
7810 Q2=16+4:ST$="1  mS":ST=1E+06:GOTO 7840
7820 Q2=24+4:ST$="2  mS":ST=2E+06:GOTO 7840
7830 Q2=0:ST$="EXT  ":ST=1:GOTO 7840
7840 RETURN
7850 PRINT CHR$(12)
7860 LOCATE 10,18,1:PRINT "+)      ┌────       -) ────┐    ";
7870 LOCATE 10,19,1:PRINT " ───────┘               └─────";
7880 LOCATE 55,18,1:PRINT "TRIGGER SLOPE ";
7890 LOCATE 55,19,1:INPUT "    (+/-) ";Y$
7900 IF Y$="+" OR Y$="-" THEN 7920
7910 GOTO 7850
7920 IF Y$="+" THEN Q43=32:TRGP$="+":GOTO 7940
7930 Q43=0:TRGP$="-"
7940 RETURN
7950 PRINT CHR$(12)
7960 LOCATE 10,15,1:INPUT "CHANGE POINT SAMPLE (Y/N) ";Y$
7970 IF Y$="Y" OR Y$="y" THEN Q44=64:DS=1:GOTO 7990
7980 Q44=0:DS=0
7990 RETURN
8000 PRINT CHR$(12)
8010 PRINT " ┌──────────────────────────────────────┐"
8020 PRINT " |           TRIGGER  CH MENU            |"
8030 PRINT " ├────┬──────┬────┬──────┬────┬──────┬────┬──────┤"
8060 PRINT " | 1)| CH 1  | 2)| CH 2  | 3)| CH 3  | 4)| CH 4  |"
8070 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┤"
8080 PRINT " | 5)| CH 5  | 6)| CH 6  | 7)| CH 7  | 8)| CH 8  |"
8090 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┤"
8100 PRINT " | 9)| CH 9  |10)| CH 10 |11)| CH 11 |12)| CH 12 |"
8110 PRINT " ├────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┼────┼──────┼────┬──────┐"
8120 PRINT " |13)| CH 13 |14)| CH 14 |15)| CH 15 |16)| CH 16 |17)| EXT  |"
8130 PRINT " └────┴──────┴────┴──────┴────┴──────┴────┴──────┴────┴──────┘"
8140 LOCATE 55,10,1:PRINT "TRIGGER INPUT CHANNEL "
8150 LOCATE 55,11,1:INPUT "  (1~17) ?";N
8160 N=N-1
8170 IF N<0 OR N>16 THEN 8000
8180 IF N=16 THEN 8190 ELSE 8200
8190 Q42=16:TRGI$="EXT":RETURN
8200 Q42=N:TRGI$=STR$(N+1)+"  "
8210 TRGI$=LEFT$(TRGI$,3)
8220 RETURN
8230 ES=0:TIME$="00:00:00"
8240 GOSUB *INP4
8250 SH$=LEFT$(RIGHT$("0"+HEX$(STUS),2),1)
8260 IF SH$="F" THEN LOCATE 25,15,1:PRINT "     START        "
8270 IF SH$="7" THEN LOCATE 25,15,1:PRINT "TRIGGER  ENABLE "
8280 IF SH$="3" THEN LOCATE 25,15,1:PRINT "GOTO  TRIGGER   "
8290 IF SH$="1" AND DS=1 THEN LOCATE 25,15,1:PRINT "TIMER COUNT FULL":ES=1
8300 IF SH$="2" OR SH$="0" THEN LOCATE 25,15,1:PRINT "MEMORY    FULL    ":ES=2
8310 IF (SH$="2" OR SH$="1" OR SH$="0") AND ES<>0 THEN RETURN
8320 GOTO 8240
8330 'SAMPLE DATA LINE PRINT
8340 IF DS=1 THEN DS$="CHANGE" ELSE DS$="FULL  "
8350 SW$=LEFT$(TRGI$+"      ",4)
8360 DYTI#=TPT*ST:GOSUB 8520
8370 FIL$=LEFT$(FILE$+"           ",10)
8380 LPRINT F7D$;
8390 LPRINT " ┌──────────────────────────────────────────────┐"
8400 LPRINT "| SAMPLING  SPECIFICATION     FILE NAME ..";FIL$;"    |"
8410 LPRINT "|                                                |"
8420 LPRINT "| SAMPLING  FORMAT ..";DS$;"   SAMPLING TIME ..";ST$;"      |"
8430 LPRINT "|                                                |"
8440 LPRINT "| TRIGGER INPUT .....";SW$;"     TRIGGER SLOPE ..(";TRGP$;"TRIGR)
|"
8450 LPRINT "|                                                |"
8460 LPRINT USING"| TRIGGER POINT (START~).. ####.######";DYTI#;
8470 LPRINT DYTI$;"            |"
8480 LPRINT "|                                                |"
8490 LPRINT " └──────────────────────────────────────────────┘"
8500 LPRINT F8D$
8510 RETURN
8520 IF DYTI#>1000000000# THEN DYTI#=DYTI#/1000000000#:KN=4:GOTO 8560
8530 IF DYTI#>1E+06 THEN DYTI#=DYTI#/1E+06:KN=3:GOTO 8560
8540 IF DYTI#>1000 THEN DYTI#=DYTI#/1000:KN=2:GOTO 8560
8550 KN=1
8560 IF ST$="EXT  " THEN 8570 ELSE 8620
8570 ON KN GOTO 8580,8590,8600,8610
8580 DYTI$="   ":GOTO 8670
8590 DYTI$="E+3":GOTO 8670
8600 DYTI$="E+6":GOTO 8670
8610 DYTI$="E+9":GOTO 8670
8620 ON KN GOTO 8630,8640,8650,8660
8630 DYTI$=" nS":GOTO 8670
8640 DYTI$=" uS":GOTO 8670
8650 DYTI$=" mS":GOTO 8670
8660 DYTI$="  S"
8680 RETURN
8690 COSEL=0
8700 FOR SLIS=1 TO LEN(CM$)
8710 SLIS$=MID$(CM$,SLIS,1)
8720 IF COSEL=0 THEN GOSUB 8800
8730 IF COSEL>0 THEN 8740 ELSE 8760
8740 IF ASC(SLIS$)>=&H30 AND ASC(SLIS$)<=&H39 THEN PNUM$=PNUM$+SLIS$
8750 IF SLIS$="P" OR SLIS$="p" THEN 8770
8760 NEXT:COSEL=0:GOTO 8790
8770 PNUM=VAL(PNUM$)
8780 IF PNUM=0 THEN PNUM=1
8790 RETURN
8800 IF SLIS$="-" THEN COSEL=1:PNUM$="":RETURN
8810 IF SLIS$="+" THEN COSEL=2:PNUM$="":RETURN
8820 COSEL=2:PNUM$="":RETURN
8830 DUMY=B2+1
8850 PRINT CHR$(12)
8860 PRINT "              FILE LIST ｶﾞ ﾎｼｲ ﾊﾞｱｲﾊ,'FILES 1' ﾏﾀﾊ 'FILES 2' ｦ INPUT  "
8870 PRINT "              FILE NAME ｶﾞ ﾇﾙ ﾃﾞｼﾀﾗ ｼﾞﾄﾞｳﾃｷﾆ 'ｶﾘｷｵｸ' ﾆ ﾅﾘﾏｽ   "
8880 PRINT
8890 INPUT "FILE NAME ｦ INPUT ｼﾃ ｸﾀﾞｻｲ ";FILE$
8900 IF FILE$="FILES" OR FILE$="files" THEN GOTO 8990
8910 IF FILE$="FILES 1" OR FILE$="files 1" THEN GOTO 8990
8920 IF FILE$="FILES 2" OR FILE$="files 2" THEN GOTO 9000
8930 IF LEFT$(FILE$,5)="FILES" OR LEFT$(FILE$,5)="files"  THEN 8850
8940 IF FILE$="" THEN FILE$="ｶﾘｷｵｸ"
8950 OPEN FILE$ AS #1
8960 IF EOF(1)=-1 THEN 8970 ELSE:RETURN
8970 CLOSE:PRINT "NO file !!"
8980 KILL FILE$:GOTO 8850
8990 PRINT CHR$(12):FILES:PRINT :GOTO 8860
9000 PRINT CHR$(12):FILES 2:PRINT :GOTO 8860
```

第七章

阿部英志

PC9801のグラフLIOの詳細と活用法

本章では，PC9801の内部コマンドであるLIOの使い方の例としてグラフLIOを取り上げ，その詳細と活用法を解説します.

パソコンも8ビット・マシンの初期の頃は，外部記憶装置としてはカセット・テープレコーダが中心で，その他のハードウェアも，よく知られた汎用LSIが使われ，ユーザがこれらを制御するプログラムを作成する際のソフトは，BASIC，あるいはハンド・アセンブルによる16進入力などで十分に間に合うものでした.

これに対して，昨今になって著しい普及をみせている16ビット・パソコンのハードウェアは，強力なグラフィックス処理機能や漢字処理機能をもち，また，OS(Operating System)走行環境のためのディスクなども標準で装備されています．これに伴いGDC(Graphic Display Controller)やFDC(Floppy Disk Controller)など，高機能なコントローラが多く用いられているので，ユーザがこれらのコントローラ(LSI)のコマンドなどを理解し，その制御プログラムまで作成して，パソコンのもつ高機能なハードウェアを自由に使いこなすのは容易なことではありません.

しかし幸いなことに，PC9801シリーズなどでは，ユーザがソフトウェア開発(BASIC以外)の際に利用できるように，メーカ側がこれらの基本的な制御プログラム(BIOやLIO)をROM内に収めて供給しており，ユーザは必要に応じてこれらのサブルーチン群をコールすることにより，高機能で複雑なI/O制御も簡単に行うことができるように設計されています.

ここでは，それらの活用の一例として，C言語から利用できるグラフィック・ライブラリを紹介します.

1 PC9801のソフトウェア構成とBIOS

1-1 ソフトウェアの構造

BIOSとはハードウェアを直接制御する制御プログラムの集まりで，この中にはグラフィック関係のBIO，ディスク関係のBIO，さらにはマウスやRS-232C，ひいてはGPIB，ミュージック・ジェネレータなどのBIOが含まれています.

そして，このBIOを介してより論理的なI/Oアクセスを行うためのLIOがあります．これもグラフィック関係やディスク関係，あるいはプリンタ関係など，各種のLIOが含まれていて，このLIOを利用する際には，BASICコマンドと類似のパラメータの受け渡しが行われます.

さらに，その上にシステム用のソフト(BASICやDOSなど)があり，これらのBIOやLIOを介してI/Oアクセスを行っています.

このBIOやLIOの中には有用なサービス・ルーチンが数多く含まれ，またROM内にはBIOやLIOだけでなく，実数演算や浮動小数点演算ルーチンなどもROM化されていて，アセンブリ言語などからも利用できるようになっています.

1-2 ブート・ストラップ動作

まず，電源スイッチを入れた後の動作，つまりブート・ストラップ動作について説明しておきましょう.

PC9801シリーズでは，メディアのタイプに320KバイトFD(5″/2D)，640KバイトFD(3.5″，5″/2DD)，1MバイトFD(3.5″，5″，8″)，5″ハード・ディスクなどがあり，またDOSシステムもN_{88}BASIC，CP/M86，MS-DOSなどが供給されています．ただし，ブート手順はほとんど変わりありません.

電源スイッチを入れると，まず，ブート・ローダが呼ばれます．このブート・ローダでは，ROM内のBIOを介してディスクからIPL(Initial Program Loader：0シリンダ0トラックに書かれている．セクタ・サイズなどは，DOSやメディアの種類によって異なる)を指定したアドレス(単密度の場合1FE00hから1FFFFhまでの512バイト，倍密度の場合1FC00hから1FFFFhまでの1Kバイト)にロードし，そのIPLに制御を移します.

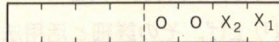
このブート・ローダにもいくつかの種類があり，それぞれ入力条件が異なりますが，次の点ではすべての方法で共通しています.

① すべてのレジスタは保存されない
② ブート動作が失敗したらCALL ERにもどる
③ ブート動作が正常に終了すればIPLにジャンプする

〈表1-1〉 ブート・プライオリティ

プライオリティ	対応装置
1	1Mバイト FD (VM)
2	640Kバイト FD
3	
4	1Mバイト FD (8″)
5	
6	
7	
8	320Kバイト FD (5″2D)
9	
10	5″HD (UNIT0)
11	5″HD (UNIT1)
12	
13	
14	
15	

〈図1-1〉 DISK BIOS(INT 1Bh)の入出力パラメータ

入力パラメータ	出力パラメータ
AH←BIOSコマンド識別コード	CF(フラグ)←終了条件(0:正常, 1:異常)
AL←デバイス種別・1ユニット番号	AH←終了ステータス
BX←データ長(バイト長)	CL←シリンダ番号
CL←シリンダ番号(0～76)	CH←セクタ長
CH←セクタ長(0～3)	DL←セクタ番号
DL←セクタ番号(1～26)	DH←ヘッド番号
DH←ヘッド番号(0～1)	

▶ブート方法①

これは，メモリ・スイッチSW_5(マニュアル参照)の指定にしたがった，システムの立ち上げを行う場合に使用します．

CALL条件

　DS←0000h

CALL　FD80:27ECh

▶ブート方法②

ブート装置をプライオリティ順序(表1-1)から選択して，システムの立ち上げを行う場合に使用します．

CALL条件

DS←0000h

AL←プライオリティ初期値

AH←プライオリティ終了値

CALL　FD80:27E8h

▶ブート方法③

拡張ROM内のブート・ローダを直接呼び出す場合に使用します．

CALL条件

DS←0000h

AL←02h(640KバイトFD)

　　04h(1MバイトFD)

CALL　D600:0015h(640KバイトFD)

CALL　D700:0015h(1MバイトFD)

1-3　ディスクBIO

BIOSの例として，最も利用頻度が高いと思われるディスクBIOについて触れておきましょう．

ディスク関係のハードウェア(FDCなど)を直接制御するソフトウェアとして，ディスクBIOがあります．このディスクBIOを用いると，例えばフォーマット・コマンドやファイル・コンバータなどの作成において，

〈図1-2〉 BIOS識別コード(AHレジスタ)

D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
MT	MF	r̄	SEEK	コマンド・コード			

ビット	機能	動作
D_7	MT	0:シングル・トラック 1:マルチ・トラック
D_6	MF	0:単密度 1:倍密度
D_5	r̄	0:8回リトライする 1:8回リトライしない
D_4	SEEK	0:SEEKしない 1:SEEKする

コマンド・コード(D_3～D_0)	動作
0001	ベリファイ
0101	データ書き込み
0110	データ読み出し
1010	ID読み出し
1101	ID書き込み

FDCやDMACの詳細について知らなくても，簡単に目的のプログラムが作成できます．

このディスクBIOの割り込み番号は，フロッピ・ディスクが1Bh，ハード・ディスクがB1hとなっています．

ここでは，フロッピ・ディスク用のディスクBIO(INT　1Bh)について，その入出力パラメータを中心に解説します．

ディスクBIOをコールする際には，図1-1に示した入力パラメータをセットしなければなりません．

AHレジスタにセットすべきBIOSコマンド識別コードとは，図1-2のような構成になっており，下位4ビットで読み出しや書き込みなどのコマンドの種類，上位4ビットでディスク・アクセスに関する細かい指定が行われます．

また，ALレジスタにセットするデバイス種別/ユニット番号により，ディスク・メディアの種類やドライブ番号を指定します．

CHレジスタにはセクタ長フォーマットを表1-2のようにセットします．

これらのパラメータをセットして

〈表1-2〉 セクタ長フォーマット

CH レジスタ値	バイト/セクタ
00h	128
01h	256
02h	512
03h	1024

〈表1-3〉
AHレジスタに返される
出力ステータス

CF	AH	内　容
0	00h	正常終了
	10h	ライト・プロテクト(senceコマンド)
1	20h	DMA不可
	30h	転送容量超過
	40h	デバイス異常
	50h	データ転送が間に合わない
	60h	ユニットのノット・レディ
	70h	ライト・プロテクト
	80h	エラー
	90h	タイム・アウト
	A0h	CRCエラー
	B0h	IDデータ・エラー
	C0h	DATAなし
	D0h	シリンダ設定不良
	E0h	IDアドレス・マーク・エラー
	F0h	DATAアドレス・マーク・エラー

　ＩＮＴ　１Ｂｈ
を実行すると，図1-1のような出力パラメータが返され，キャリ・フラグ(C)が“0”の場合は正常終了になります．キャリ・フラグが“1”の場合はエラーであり，そのエラー・ステータスはAHレジスタに返され，その内容は表1-3のようになっています．

　この“ＩＮＴ　１Ｂｈ”ルーチンは，ファイル・コンバータやコピー・プロテクトなど，幅広い応用が考えられます．

2 グラフィックに関するLIOのサポート

2-1　GDCについて

　PC9801シリーズでは，CRTインターフェースにGDC(μPD7220)が２個用いられており，そのうちの１個はテキスト画面用にマスタ動作で用いられ，残りの１個はスレーブ動作でグラフィック画面に用いられています．

　PC9801シリーズでは，このように高機能なGDCを用いたことにより，CRT関係の処理をGDCが行いますから，CPUの負担が軽減され，システム全体のスループットが向上しています．

　ここでは，このGDC(μPD7220)について簡単に触れておくことにします．GDCではCPUとのインターフェースに，コマンド・レジスタ(テキスト用：I/Oアドレス６２ｈ，グラフィック用：Ａ２ｈ)とパラメータ用のFIFOメモリ(テキスト用：６０ｈ，グラフィック用：Ａ０ｈ)の二つのレジスタが用意されています．

　そして，実行コマンドをコマンド・レジスタに書き込み，そのコマンド実行に必要なパラメータをFIFO

〈図2-1〉
GDCステータス・レジスタ

b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
LIGHT PEN DETECT	HORIZONTAL SYNC	VERTICAL SYNC	DMA EXECUTIVE	DRAWING	FIFO EMPTY	FIFO FULL	DATA READY

〈表2-1〉 GDCのコマンド/パラメータ(動作制御)

コマンド名	機　能	C/P	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0	パラメータ解説
RESET	初期化	C	0	0	0	0	0	0	0	0	
SYNC	動作モード，同期タイミングの定義	C	0	0	0	0	0	1	1	1 DE	DE=0:表示停止，DE=1:表示開始
		P_1	0	0	CHR	F	I	D	G	S	CHR=1:文字モード，F=1:フラッシュレス描画
		P_2	←C/R→								I=1:インターレース・モード，D=1:ダイナミックRAM
		P_3	←VS_L→			←HS→					G=1:グラフィック・モード，S=1:インターレース・シュリンク・モード(I=1)
		P_4	←HFP→						←VS_H→		C/R:１行の表示文字数 HS:水平同期期間
		P_5			←HBP→						VS:垂直同期期間 HFP:水平右側非表示期間
		P_6			←VFP→						HBP:水平左側非表示期間
		P_7	←L/F_L→								VFP:垂直上側非表示期間 VBP:垂直下側非表示期間
		P_8	←VBP→						←L/F_H→		L/F:１画面の表示ライン数
MASTER/SLAVE	マスタ動作，スレーブ動作の選択	C	0	1	1	0	1	1	1	M	M=1:マスタ動作，M=0:スレーブ動作

〈表2-2〉GDCのコマンド/パラメータ（表示制御）

コマンド名	機能	C/P	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0	パラメータ解説
START	表示開始	C	0	1	1	0	1	0	1	1	どちらでもよい
			0	0	0	0	1	1	0	1	
STOP	表示停止	C	0	0	0	0	1	1	0	0	
ZOOM	拡大係数の設定	C	0	1	0	0	0	1	1	0	ZR：拡大表示時の拡大係数
		P	← ZR →				← ZW →				ZW：拡大描画時の拡大係数
SCROLL	表示開始アドレス，表示領域の設定	C	0	1	1	1	← RA →				RA：データRAMのアドレス
	画面をn個に分割した場合，このパラメータをn回送出．文字モード：$n$max=4 文字/グラフィック・モードと$n$max=2グラフィック・モード	P_{n1}	← SAD_{nL} →								SAD_n：n番目の区間の開始アドレス
		P_{n2}	0	0	0	← SAD_{nH} →					SL_n：n番目の区間の長さ
		P_{n3}	← SL_nL →				0	0	0	0	＊：表示アドレス・インクリメント量
		P_{n4}	＊	IM	← SL_{nH} →						IM：文字/グラフィック・モード時 IM＝0…文字表示領域 IM＝1…グラフィック表示領域（その他のモード IM＝0）
CSRFORM	カーソル形状などの指定	C	0	1	0	0	1	0	1	1	L/R：1行中の表示ライン数（グラフィック・モード時…1）
		P_1	CS	0	0	← L/R →					CS＝1：カーソル表示あり
		P_2	← BL_L →		BD	← CST →					BD＝1：ブリンキングなし（CS＝1なら常時点灯）
		P_3	← CFI →					← BL_H →			CST：カーソル表示開始ライン値 BL：カーソル点滅周期 CFI：カーソル表示終了ライン値
PITCH	映像メモリの水平方向ワード数の設定	C	0	1	0	0	0	1	1	1	
		P	← P →								水平方向のワード（16ビット）数
LPEN	ライトペン・アドレスの検出	C	1	1	0	0	0	0	0	0	
	読み出し専用	P_1	← LAD_L →								LAD：ライトペン・アドレス
		P_2	← LAD_M →								
		P_3						← LAD_H →			
VECTW	描画に必要なパラメータの設定	C	0	1	0	0	1	1	0	0	
		P_1	SL	R	C	T	L	← DIR →			L＝1：直線描画
		P_2	← DC_L →								T＝1：傾斜しないグラフィックス文字描画
		P_3	0	DGD	← DC_H →						C＝1：円および円弧の描画
	同様の順序でD_2, D_1, DMを送出	P_4	← D_L →								R＝1：四辺形描画
		P_5			← D_H →						SL＝1：傾斜したグラフィックス文字（T＝1） DGD＝1：グラフィック描画（文字/グラフィック・モード）
VECTE	グラフィックス描画開始	C	0	1	1	0	1	1	0	0	
TEXTW	グラフィックまたはテキスト・コード設定	C	0	1	1	1	1	← RA →			
		P_1	← TX_8またはPTN_L →								RA：データを書き始めるラスト・アドレス
		P_2	← TX_7またはPTN_H →								PTN：グラフィック描画時の線のビット・パターン
		⋮	⋮								TX_n：ドット構成データ
		P_8	← TX_1 →								
TEXTE	グラフィック/文字描画の実行開始	C	0	1	1	0	1	0	0	0	
CSRW	描画アドレス設定	C	0	1	0	0	1	0	0	1	
	文字描画時…P_1，P_2のみ 文字モード時…EAD_Mの上位3ビット 0 文字/グラフィック・モード EAD_H＝0	P_1	← EAD_L →								EAD：描画開始ワード・アドレス
		P_2	← EAD_M →								dAD：描画開始ドット・アドレス
		P_3	← dAD →				0	0	← EAD_H →		
CSRR	描画アドレス読み出し	C	1	1	1	0	0	0	0	0	
	読み出し専用	P_1	← EAD_L →								CSRWコマンドに同じ
		P_2	← EAD_M →								
		P_3							← EAD_H →		
		P_4	← dAD_L →								
		P_5	← dAD_H →								
MASK	マスク・レジスタ値の設定	C	0	1	0	0	1	0	1	0	
		P_1	← $MASK_L$ →								MASK：マスキング/ドット・アドレス・レジスタ値
		P_2	← $MASK_H$ →								

〈表2-3〉 GDCのコマンド/パラメータ(映像メモリ制御)

コマンド名	機能	C/P	コマンドまたはパラメータ・コード								パラメータ解説
			b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0	
WRITE	ドット修正モード設定 データの書き込み 繰り返し送出可 バイト転送時はCODE$_L$のみでよい	C	0	0	1	WLH		0	MOD		WLH=00:ワード転送　MOD=00:REPLACE =01:未定　=01:COMPLEMENT =10:下位バイト転送　=10:CLEAR =11:上位バイト転送　=11:SET CODE:V-RAM書き込みデータ
		P_1	←CODE$_L$→								
		P_2	←CODE$_H$→								
READ	映像メモリの読み出し	C	1	0	1	WLH		0	MOD		WRITEコマンドに同じ
DMAW	映像メモリへのDMA転送指示	C	0	0	1	WLH		1	MOD		WRITEコマンドに同じ
DMAR	映像メモリからのDMA転送指示	C	1	0	1	WLH		1	MOD		WRITEコマンドに同じ

〈リスト2-1〉 GDCのテスト・プログラム

```
 1:
 2: /*  GDC  テストプログラム
 3:
 4: #define STS_REG 0xa0
 5: #define CMD_REG 0xa2
 6:
 7: main()
 8: {
 9:     char buff[10];
10:     int i,x0,x1,y1,x2,y2,bank;
11:     unsigned int ead;
12:
13:             puts( "¥033*¥033=  " ); /* テキスト画面の消去  */
14:         loop:
15:             printf("x1,y1(0-640,0-400)= ");
16:             scanf("%d %d",&x1,&y1); /* 開始点 x1,y1 */
17:             printf("x2,y2(0-640,0-400)= ");
18:             scanf("%d %d",&x2,&y2); /* 終了点 x2,y2 */
19:             printf("color(0-2)= ");
20:             scanf("%d",&bank);      /*  G-RAM バンク */
21:
22:             for (i=0;i<8;i++)       /* パターンのセット */
23:                 buff[i]=0xff;
24:             gdc(0x78,8,buff);       /* textw */
25:             gdc(0x23,0,buff);       /* write */
26:
27:             ead=0x4000+bank*0x4000+(int)(x1/16)+40*y1;
28:             buff[0]=ead%0x100;      /* 描画開始点 */
29:             buff[1]=ead/0x100;
30:             buff[2]=x1;
31:             gdc(0x49,3,buff);       /* csrw */
32:
33:             buff[0]=0x10;
34:             buff[1]=x2%0x100;
35:             buff[2]=x2/0x100;
36:             buff[3]=y2%0x100;
37:             buff[4]=y2/0x100;
38:             gdc(0x4c,5,buff);       /* vectw */
39:             gdc(0x68,0,buff);       /* texte */
40:             goto loop;
41: }
42:
43: gdc(com,max,buff)  /* GDCにコマンド,パラメータを送る */
44: int max,com;
45: char *buff;
46: {
47:     int i;
48:
49:         outp(CMD_REG,com);
50:         for (i=0;i<max;i++)
51:             para(*(buff+i));
52: }
53:
54: para(data)  /* FIFOにパラメータを送る */
55: int data;
56: {
57:     read:
58:     if(!(inp(STS_REG)&0x02))
59:         outp(STS_REG,data);
60:     else
61:         goto read;
62: }
```

メモリに連続して書き込めば，高速なグラフィックスの描画を行ってくれるように設計されています．

この場合，FIFOメモリのアドレスを読み込むことにより，FIFOメモリの状態(ステータス)が図2-1のように返されますので，FIFOに空きのある状態でパラメータに書き込みを行います．

表2-1，表2-2，表2-3がGDCのコマンドとパラメータの一覧表です．このコマンドやパラメータの詳細は誌面の関係で省略しますので，文献(1)などを参考にしてください．

リスト2-1はGDCアクセスのテスト・プログラムです．このプログラムでは，指定された範囲を指定された色(RGB)により塗りつぶします．また，このプログラムを少し変更すれば希望のパターンで塗りつぶすことも可能です．

このように，GDCやFDCなど高機能なコントローラを直接制御するには，ある程度の専門知識を必要としますので，先にも述べたように，一般的な応用にはBIOやLIOが利用されています．

2-2 グラフLIOの詳細

前述のように，ハードウェアを直接に制御し，より上位のプログラムからコールされる制御プログラムをBIOと呼んでいますが，グラフィックの場合もグラフBIOがあります．そして，このグラフBIOを利用した，より論理的なグラフィック処理ルーチンがROM内に収められており，この処理ルーチンをグラフLIOと呼んでいます．

グラフLIOには，表2-4のように17種のコマンドが用意されていて，通常，割り込み番号ＡＯｈ～ＡＦｈおよびＣＥｈの割り込みベクタを介してコールされます．また，この割り込みエントリはROM上のＦ９９００ｈ番地から４バイトおきに格納されています．したがって，このグラフLIOのユーザは，あらかじめ，

〈表2-4〉グラフLIOの入出力パラメータ

割り込み番号	ルーチン名	機能	入力パラメータ	出力パラメータ
A0h	GINIT	初期化	なし	AH＝00h:正常終了
A1h	GSCREEN	モード設定	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図7)	AH＝00h:正常終了，AH＝05h:不正呼び出し
A2h	GVIEW	ビューポート指定	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図8)	AH＝00h:正常終了，AH＝05h:不正呼び出し
A3h	GCOLOR1	背景色指定	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図9)	AH＝00h:正常終了
A4h	GCOLOR2	パレット番号と表示色の対応	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図10)	AH＝00h:正常終了
A5h	GCLS	描画領域の塗りつぶし	なし	AH＝00h:正常終了
A6h	GPSET	点を打つ	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図11) AH＝01h:フォア・グラウンド・パレット番号 AH＝02h:バック・グラウンド・パレット番号	AH＝00h:正常終了
A7h	GLINE	直線，方形を描く	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図12)	AH＝00h:正常終了
A8h	GCIRCLE	円，楕円を描く	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図13)	AH＝00h:正常終了，AH＝06h:演算オーバフロー
A9h	GPAINT1	色で塗りつぶし	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図14)	AH＝00h:正常終了，AH＝05h:不正呼び出し AH＝07h:ワーク域不足
AAh	GPAINT2	タイルで塗りつぶし	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図15)	AH＝00h:正常終了，AH＝05h:不正呼び出し AH＝07h:ワーク域不足
ABh	GGET	描画情報の格納	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図16)	AH＝00h:正常終了，AH＝05h:不正呼び出し
ACh	GPUT1	描画情報の表示	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図17)	AH＝00h:正常終了，AH＝05h:不正呼び出し
ADh	GPUT2	日本語の描画	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図18)	AH＝00h:正常終了，AH＝05h:不正呼び出し
AEH	GROLL	描画画面の移動	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図19)	
AFh	GPOINT2	ドットのパレット番号の取得	BX:パラメータ・リストへのポインタ(図20)	AH＝00h:正常終了，AL:パレット番号
CEh	GCOPY	ドット情報の格納	AX:左上点X座標 BX:左上点Y座標 CL:X方向ドット数 CH:Y方向ドット数 DI:バッファのオフセット・アドレス ES:バッファのセグメント・アドレス	AH:不定

この各コマンドの割り込みエントリを，各割り込みベクタ・テーブルにセットしなければなりません．

ここでは，このグラフLIOの応用例としてLattice C(MS-DOS版V2.14，Sモデルに限定)により，グラフィック・ライブラリを作成します(ＩＮＴ　ＣＥｈルーチンは除く)．

今回使用したMS-DOSシステムでは，割り込み番号Ａ０ｈ～ＡＦｈは使用されていないので，グラフLIOの割り込みベクタをセットするだけにしましたが，すでにＡ０ｈ～ＡＦｈの割り込みベクタが使用されているような場合には，一度ユーザのバッファにこれらのベクタ・テーブルを格納しておき，グラフィック処理が終わった時点で元のベクタ・テーブルに復元する必要があります．

グラフLIOのユーザは，これらＡ０ｈ～ＡＦｈ，ＣＥｈ以外にも注意しなければならない割り込み番号があります．グラフLIOでは比較的時間のかかるコマンド実行中にも，ほかの割り込み処理が行えるように，時々割り込み番号Ｃ５ｈのルーチンをコールしています．

したがって，ユーザがこのＣ５ｈ割り込みルーチンの中で，例えばSTOPキーの監視やほかの割り込み処理を行うことなども可能になっています．

今回のグラフィック・ライブラリでは，このＣ５ｈ割り込み処理ルーチンでは何もしないことにし，ＩＲＥＴ命令コード(ＣＦｈ)をスタティック変数として定義し，その変数アドレスを，このＣ５ｈ割り込みベクタとしてセットしています．

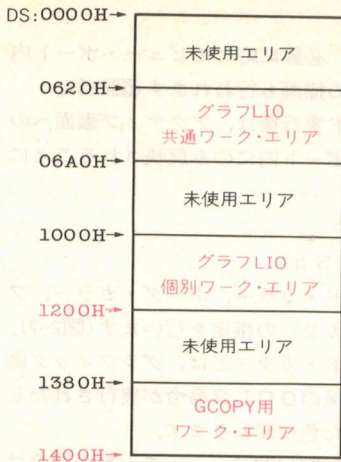
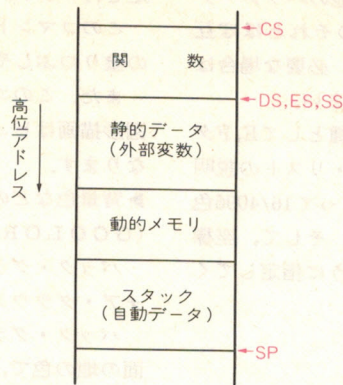
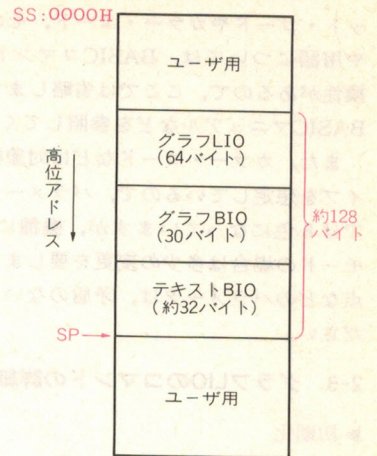
また，グラフLIOを使用する場合の準備として，割り込みベクタ・テーブルのセットに加えて，ワーク・エリアの確保もしなければなりません．

グラフLIOのワーク・エリアは図2-2のようにＧＣＯＰＹ(ＩＮＴ　ＣＥｈルーチン)を使用しない場合に１２００ｈバイト，ＧＣＯＰＹルーチンを使用する場合は，１４００ｈバイトを用意しなければなりません．

そして，このワーク・エリアは，必ずデータ・セグメント(DSレジスタ)のオフセット００００ｈ番地から配置されなければなりません．このワーク・エリアのアドレスは，ＧＩＮＩＴ(Ａ０ｈルーチン)コマンドをコールする際にグラフLIOに渡され，以後の各コマンドをコールする際にも，DSレジスタはこのワーク・エリアを指していなければなりません．

また，パラメータ・リストは，このデータ・セグメント内に配置されていなければならず，そのポインタとしては，BXレジスタが使われています．

これらのグラフLIOの各コマンドでは，DS，SS，SPの３個のレジスタは保証されていますが，その他のレジスタは保存されませんので注意が必要です．

〈図2-2〉グラフLIOのワーク・エリア

〈図2-3〉Lattice Cにおけるメモリ領域とレジスタ

〈図2-4〉グラフLIOのスタック・エリア

Lattice C(Sモデル)では，変数はデータ・セグメント(DS)内に収まっていて，このセグメントはプログラムの実行中は変化しませんが，関数の内部変数として，このグラフLIOのワーク・エリアを用意すると，データ・セグメントの最初からは配置されないので不都合が生じます(図2-3).

したがって，これを解決するために，このグラフLIOのワーク・エリアを外部変数として定義すると，データ・セグメントの先頭から配置され，グラフLIOのワーク・エリアの仕様が満足されます(実際には，最初の約200バイトはmain関数により使用されますが，ここはグラフLIOの未使用エリアになっているので問題ない).

また，グラフLIOのスタック・エリアとして，図2-4のように約128バイト(図2-4はスタック内の概念的な使用状況であり，その内容は順不同になる)を用意しなければなりません.

これもLattice Cではデフォルトで，2048バイトのスタック・エリアが確保されるので，内部(自動)変数を大きく取らない限り問題ありません．また，内部(自動)変数に大きな配列を使うような場合には，_stack変数に必要なバイト数を定義することにより自由に設定できます．詳しくは言語のマニュアルを参照してください.

Vシリーズのグラフ LIOの活用法

Vシリーズ(VF, VM)からグラフィック拡張機能として，アナログRGB対応となっています．ハードウェアに関してはよくなったと思いますが，この機能を利用する方法としては，Vシリーズを購入すると必然的についてくるDISK-BASICを利用するしかありません.

また，Vシリーズになっても，下位機種との互換性を図るために，従来のディジタルRGB用のグラフLIOをそのままROM上(セグメント F990h～)にもっています.

したがって，VシリーズではDISK-BASICを起動する最中にVシリーズかどうかを判断して，アナログRGB用のグラフLIOルーチン(約16Kバイト)をシステム・ディスクからメモリ上にロードしているようです．そこで，DISK-BASIC以外でも使えるように，この部分を少し拝借しようというわけです.

DISK-BASICおよびMS-DOS版BASIC上で，グラフLIOをファイルに落とすプログラムをリストAに示します.

この部分を使用するにあたって気をつける点は，COLORに関してLIOをコールする際のパラメータの引き渡しです．障害が発生すると思われるのはCOLOR文だけで，一つはアナログRGBかどうかの切り替えを行うスイッチが追加されたことによるもの，もう一つはパレットを変更するときの値です．パレットに関しては，受け渡しの際の2番目の引き数が従来1バイトであったのが2バイトになったためです.

〈沢井孝袍〉

〈リストA〉グラフLIOをファイルに落とすプログラム

```
1000 '
1010 '注)  本プログラムを実行する環境としては、
1020 '
1030 '        N88-BASIC(86)    [DISK-BASIC版]
1040 '           〃             [MS-DOS版]
1050 '
1060 '    のどちらでも構いませんが、バージョンは3.0に限ります。
1070 '
1080 DEF SEG=0
1090 LIOSEG = PEEK(&H282)+PEEK(&H283)*256
1100 DEF SEG=LIOSEG
1110 BSAVE "ARGBLIO",0,&H3FFF
1120 PRINT "Complete !!"
1130 END
```

これらのグラフLIOの各コマンドで使用されるパレット・コードやカラー・コード，その他のパラメータや用語については，BASICコマンドのそれとほぼ互換性があるので，ここでは省略します．必要な場合はBASICマニュアルなどを参照してください．

また，カラー・コードなどは対象機種としてE，Fタイプを想定しているので，パラメータ・リストの説明では8色になっていますが，機種によって16/4096色モードの場合は多少の変更を要します．そして，座標点などのパラメータは，矛盾のないように指定してください．

2-3 グラフLIOのコマンドの詳細

▶初期化

(GINIT：A0h)

このルーチンでは，グラフLIO(ワーク・エリアやGDCなど)の初期化が行われます．グラフLIOを使用する場合は，最初に必ずこのコマンドを実行しなければなりません．リスト2-2では，このGINIT関数内でベクタ・テーブルの初期化も行っています．

▶モード設定

(GSCREEN：A1h)

グラフィック画面のモード設定を行います(図2-5)．

▶描画領域の指定

(GVIEW：A2h)

アクティブ画面内の描画領域(ビュー・ポート)の指定を行います．

このコマンドでは，必要に応じてビュー・ポート内の塗りつぶしや外枠の描画も行われます(図2-6)．

また，このコマンド実行後は，アクティブ画面への図形描画はビュー・ポート内にのみ反映されることになります．

▶背景色などの指定

(GCOLOR1：A3h)

バック・グラウンド・カラー，ボーダ・カラー，フォア・グラウンド・カラーの指定を行います(図2-7)．

バック・グラウンド・カラーとは，グラフィック画面の地の色で，この後のGCLS命令が実行されたときにここで指定された色に変わります．

ボーダ・カラーは640×400ドット・モードの場合は意味がありません．

フォア・グラウンド・カラーは，パレット番号省略時に使用される色です．

また，Vシリーズでは，図2-7のパラメータの後にさらに1バイトのパレット・モードのコードが追加されます．

▶パレット番号と表示色の対応

(GCOLOR2：A4h)

パレット番号を，指定された表示色コードに対応させます(図2-8)．

パラメータ	画面モード	画面スイッチ	アクティブ・ページ	ディスプレイ・ページ
00h	カラー・モード(640×200ドット)	表示あり	アクティブ・ページの番号(0~11)	ディスプレイ・ページの番号(0~31)
01h	モノクロ・モード(640×200ドット)	表示あり 高速書き込み		
02h	モノクロ・モード(640×400ドット)	表示なし		
03h	カラー・モード(640×400ドット)	表示なし 高速書き込み		
FFh	今までのモードを引き継ぐ			

〈図2-5〉 GSCREENのパラメータ・フォーマット

〈図2-6〉 GVIEWのパラメータ・フォーマット

〈図2-7〉 GCOLOR1のパラメータ・フォーマット

〈図2-8〉 GCOLOR2のパラメータ・フォーマット

これにより，すでに描画済みの表示色も変更した表示色になります．また，Vシリーズの16/4096モードでは表示色コードは3バイトが必要になります．

▶描画領域の塗りつぶし

(GCLS：A5h)

アクティブ画面内の描画領域をバック・グラウンド・カラーで塗りつぶします．このコマンドにはパラメータはありません．

▶点の描画

(GPSET：A6h)

指定された座標に指定された色でドットを描きます(図2-9)．

▶直線/方形の描画

(GLINE：A6h)

指定された2点を結ぶ直線，あるいはこれを対角線とする方形の描画を行います．

また，必要によりライン・スタイルや方形内の塗りつぶし(色やタイル・パターン)も行うことができます(図2-10)．

ライン・スタイルやタイリング・データの詳しいことについてはBASICマニュアルを参照してください．

▶円/楕円の描画

(GCIRCLE：A7h)

指定された中心点，半径(X方向，Y方向)の円や楕円の描画を行います．

また，開始点，終了点の指定により円弧や扇型も描画でき，これらの円や扇型の内部を指定した色，またはタイルで塗りつぶすこともできます(図2-11)．

▶ペインティング

(GPAINT1：A9h)

指定した点と境界色で決定される領域を，指定した色で塗りつぶします(図2-12)．

図2-12でのワーク領域の必要な大きさはペインティング領域の大きさにより変化するので，ある程度大きめに確保します．

〈図2-9〉 GPSETのパラメータ・フォーマット

〈図2-10〉 GLINEのパラメータ・フォーマット

タイル・パターン格納域
オフセット・アドレス | セグメント・アドレス

▶ライン・スタイル・スイッチ(+10)
- 00h：指定なし
- 01h：ライン・スタイルまたはパレット番号2指定あり
- 02h：タイル・パターン指定あり

▶パレット番号2(+11)
- 方形内部の塗りつぶし色指定
- 描画コード＝20hのみ有効

▶ライン・スタイル(+11，+12)

〈図2-11〉 GCIRCLEのパラメータ・フォーマット

▶フラグ(+9)
- b_0：開始点指示(0：なし 1：あり)
- b_1：開始線分指示(0：なし 1：あり)
- b_2：終了点指示(0：なし 1：あり)
- b_3：終了線分指示(0：なし 1：あり)
- b_4：描画方法(0：全楕円を描画，1：1点のみ描画)
- b_5：塗りつぶし指示(0：なし 1：あり)
- b_6：タイル・パターン指示(0：なし 1：あり)

▶タイリング

(GPAINT2：AAh)

指定した点と境界色で決定される領域を指定されたタイル・パターンで塗りつぶします(図2-13).

▶描画情報の格納

(GGET：ABh)

指定領域の描画情報を指定されたバッファに格納します(図2-14).

▶格納された描画情報の表示

(GPUT1：ACh)

格納されている描画情報を指定された領域に描画します(図2-15).

▶日本語の描画

(GPUT2：ADh)

JISコードで指定された日本語を描画します(図2-16).

▶描画画面の移動

(GROLL：AEh)

アクティブ画面全体の描画情報を指定されたドットだけ上下左右方向にスクロールします(図2-17).

〈リスト2-3〉 グラフLIOのテスト・プログラム

```
 1:
 2: /*  グラフィックーＬＩＯ テストプログラム
 3:                              1986-8 H.ABE  */
 4:
 5: #define COL_MAX 8
 6:
 7: char buff_lio[0x1400];      /* G-LIO ワークエリア */
 8:
 9: main()
10: {
11:     puts( "¥033*¥033=  " ); /* テキスト画面の消去  */
12:     ginit();
13:     gscreen(3,0,0,1);       /* 640*400 ドット */
14:     gcls();
15:     box();                  /* 箱 */
16:     scircle();              /* 楕円  */
17:     roll_l();               /* 画面の左移動 */
18:     ginit();
19:     gscreen(3,0,0,1);
20: }
21:
22: box()       /*  箱のぬりつぶし  */
23: {
24:     int i,j,y1=0,y2=0;
25:
26:         for (i=1;i<COL_MAX;i++){
27:             y2=y1+50;
28:             gline(400,y1,600,y2,i,1,0);    /* 箱を描く  */
29:             y1=y1+55;
30:         }
31:         for (j=1;j<COL_MAX;j++){
32:             y1=0;
33:             for (i=1;i<COL_MAX;i++){
34:                 itaval(2);
35:                 gpaint1(410,y1+10,i+j,i);  /* 箱を塗りつぶす */
36:                 y1=y1+55;
```

```
37:                 }
38:         }
39: }
40:
41: scircle()   /* 楕円を描く */
42: {
43:     int i,j,col2;
44:         for(i=1;i<COL_MAX;i++){
45:             gcircle(200,200,200-i*20,100-i*10,i,0x20,i+1);
46:             itaval(10);
47:         }
48:         for(j=1;j<400;j++)
49:             for(i=1;i<COL_MAX;i++){
50:                 col2=rand()%7+1;
51:                 gcolor2(i,col2);  /* パレット番号を指定 */
52:                 gcolor2(col2,i);  /* 元の色に */
53:             }
54: }
55:
56: roll_l()  /* 画面を左に移動する */
57: {
58:     int i;
59:
60:         for(i=0;i<17;i++)
61:             groll(0,40,0);
62: }
63:
64: itaval(count) /* インターバル */
65: int count;
66: {
67:     int i,j;
68:         for (j=1;j<count+1;j++)
69:             for (i=0;i<10000;i++)
70:             ;
71: }
```

〈図2-17〉 GROLLのパラメータ・フォーマット

〈図2-18〉
GPOINT2の
パラメータ・
フォーマット

▶ドットのパレット番号の通知

(ＧＰＯＩＮＴ２：ＡＦｈ)

指定座標のドットのパレット番号をALレジスタに返します(図2-18).

2-4 GDCのテスト・プログラム

これらのグラフィック・ライブラリの使用例をリスト2-3に示します.

このプログラムでは，グラフィック画面の初期化を行った後，７個の箱を描いてその色をペインティングにより変化させます．リスト2-3では，この際の処理が早すぎて見栄えがしないので，少しインターバルを取りながらペインティングを繰り返しています.

次に７個の同心楕円を色を変えながら描き，描き終わった時点で，パレット番号を書き換えることにより，あたかも画面がフラッシュしているかのごとく表現しています．そして，フィナーレでは画面を左にスクロールして終了します.

これにBASICのＬＯＣＡＴＥ文にあたる関数を，エスケープ・シーケンスを利用して作成すれば，BASIC感覚のグラフィックスが高速に表現できますので，処理結果を視覚的に把握したいようなアプリケーションには重宝するものと思います.

また，今回は比較的簡単にテストするため，Sモデルに限定したライブラリの作成を行いましたが，ポインタ関連のアクセス法を変更すれば，Dモデルなどにも十分に対応できますので，挑戦してみてください.

ここでは，パラメータのチェック(カラー・コードなど)は行っていませんが，グラフLIOの不当なアクセスを防ぐため，これらのパラメータのチェック・ルーチンを組み込んだほうが，より実用的なプログラムになるでしょう.

◆参考文献◆

(1) 日本電気，μPD7220GDCユーザーズ・マニュアル.
(2) B.W.カーニハン他；プログラミング言語C，共立出版.
(3) 中村和朗訳；Lattice Cの使い方，工学図書.
(4) 阿部英志；MS-DOS活用テクノロジー，マイコンピュータNo.20，CQ出版社.
(5) C on the PC98，ソフトマインド(1)，CQ出版社.

```
1: #include <dos.h>
2:
3: /*  G－LIO  コマンドライブラリ
4:                         1986-8  H.ABE  */
5:
6: #define LIO_SEG 0xf990
7: #define WORK_MAX 100
8:
9: ginit()  /* グラフLIOの初期化  */
10: {
11:     init();            /* ベクタの初期化 */
12:     sys_call(0xa0);
13: }
14:
15: gscreen(mode,sw,act,dsp)  /* グラフィック画面のモード設定 */
16: int mode,sw,act,dsp;       /* 画面ﾓｰﾄﾞ,ｽｲｯﾁ,ｱｸﾃｨﾌﾞ画面,ﾃﾞｨｽﾌﾟﾚｲ画面 */
17: {
18:     char buff[4];
19:
20:         buff[2]=act;
21:         buff[1]=sw;
22:         buff[0]=mode;
23:         buff[3]=dsp;
24:         sys_call(0xa1,buff);
25: }
26:
27: gview(x1,y1,x2,y2,col1,col2)  /* 描画領域の指定 */
28: int x1,y1,x2,y2,col1,col2;     /* 左上x1,y1, 右下x2,y2, 領域色,境界色 */
29: {
30:     int buff[4];
31:     char buff1[2];
32:
33:         buff[0]=x1;
34:         buff[1]=y1;
35:         buff[2]=x2;
36:         buff[3]=y2;
37:         buff1[0]=col1;
38:         buff1[1]=col2;
39:         sys_call(0xa2,buff);
40: }
41:
42: gcolor1(col1,col2,col3)  /* 背景色等の指定  */
43: int col1,col2,col3;        /* バックグランド,ボーダー,フォアグランド */
44: {
45:     char buff[4];
46:
47:         buff[1]=col1;
48:         buff[2]=col2;
49:         buff[3]=col3;
50:         sys_call(0xa3,buff);
51: }
52:
53: gcolor2(pal,col) /* パレット番号と表示色コードの対応 */
54: int pal,col;     /* パレット番号,表示色 */
55: {
56:     char buff[2];
57:
58:         buff[0]=pal;
59:         buff[1]=col;
60:         sys_call(0xa4,buff);
61: }
62:
63: gcls()  /*  描画領域の塗りつぶし */
64: {
65:     sys_call(0xa5);
66: }
67:
68: gpset(x,y,col,mode)  /* 点を打つ */
69: int x,y,col,mode;     /* 座標(x,y),表示色,モード */
70: {
71:     int buff[2];
72:     char buff1[1];
73:
74:         buff[0]=x;
75:         buff[1]=y;
76:         buff1[0]=col;
77:         sys_call(0xa6,buff,mode);
78: }
79:
80: gline(x1,y1,x2,y2,pal1,code,sw,p1,p2,p3)  /* 直線/矩形を描く */
81: int x1,y1,x2,y2,pal1,code,sw;  /* 始点(x1,y1),終点(x2,y2),境界色,ｽｲｯﾁ, */
82: unsigned int p1,p2,p3;         /* p1=領域色 or ﾗｲﾝｽﾀｲﾙ or ﾀｲﾙ長
83:                                   p2=格納域ｵﾌｾｯﾄ,p3=格納域ｾｸﾞﾒﾝﾄ */
84: {
85:     int buff[4];
86:    char buff1[6];
87:     int buff2[2];
88:
89:         switch(sw){
90:             case 0:
91:                 break;
92:             case 1:
93:                 if(code==2)
94:                     buff1[3]=p1;
95:                 else{
96:                     buff1[3]=p1%0x100;
97:                     buff1[4]=p1/0x100;
98:                 }
99:                 break;
100:             case 2:
101:                 buff1[5]=p1;
102:                 buff2[0]=p2;
103:                 buff2[1]=p3;
104:                 break;
105:         }
106:         buff[0]=x1;
107:         buff[1]=y1;
108:         buff[2]=x2;
109:         buff[3]=y2;
110:         buff1[0]=pal1;
111:         buff1[1]=code;
112:         buff1[2]=sw;
113:         sys_call(0xa7,buff);
114: }
115:
116: gcircle(cx,cy,rx,ry,pal,flg,p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7) /* 円,楕円を描く */
117: int cx,cy,rx,ry,pal,flg;            /* 中心(cx,cy),半径(rx,ry),境界色,ﾌﾗｸﾞ*/
118: unsigned int p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7;  /* 領域色(p1)
119:                                     or ﾀｲﾙ長(p1),格納域ｵﾌｾｯﾄ(p2),ｾｸﾞﾒﾝﾄ(p3)
120:                                     or 開始点(p1,p2),終了点(p3,p4)
121:                                     or 開始点(p1,p2),終了点(p3,p4),領域色(p5)
122:                                     or 開始点(p1,p2),終了点(p3,p4),ﾀｲﾙ長(p5)
123:                                     or 格納域オフセット(p6),セグメント(p7) */
124:
125: {
126:     int buff[4];
127:    char buff1[2];
128:     int buff2[4];
129:    char buff3[3];
130:     int buff4[1];
131:
132:         if(flg & 0x03){
133:             buff2[0]=p1;            /* 開始,終了あり */
134:             buff2[1]=p2;
135:             buff2[2]=p3;
136:             buff2[3]=p4;
137:             if(flg & 0x40){
138:                 buff3[0]=p5;        /* タイル */
139:                 buff3[1]=p6%0x100;
140:                 buff3[2]=p6/0x100;
141:                 buff4[0]=p7;
142:             }
143:             else if(flg & 0x20)
144:                 buff3[0]=p5;        /* ペイント */
145:             ;                       /* なし */
146:         }
147:         else if(flg & 0x40){        /* 開始,終了なし */
148:                 buff3[0]=p1;        /* タイル */
149:                 buff3[1]=p2%0x100;
150:                 buff3[2]=p2/0x100;
151:                 buff4[0]=p3;
152:         }
153:             else if(flg && 0x20)
154:                 buff3[0]=p1;        /* ペイント */
155:         buff[0]=cx;
156:         buff[1]=cy;
157:         buff[2]=rx;
158:         buff[3]=ry;
159:         buff1[0]=pal;
160:         buff1[1]=flg;
161:         sys_call(0xa8,buff);
162: }
163:
164: gpaint1(x,y,pal1,pal2) /* 塗りつぶしを色で行う */
165: int x,y,pal1,pal2;     /* 領域(x,y),領域色,境界色 */
166: {
167:     int buff[2];
168:    char buff1[2];
```

〈リスト2-2〉グラフィック・ライブラリ(つづき)

```
169:     int buff2[2];
170:     char work[WORK_MAX];
171:
172:         buff[0]=x;
173:         buff[1]=y;
174:         buff1[0]=pal1;
175:         buff1[1]=pal2;
176:         buff2[0]=(int)&work+WORK_MAX;
177:         buff2[1]=(int)&work;
178:         sys_call(0xa9,buff);
179: }
180:
181: gpaint2(x,y,len,b_off,b_seg,pal)  /* タイルパターンでの塗りつぶし */
182: int x,y,len,pal;                  /*開始(x,y),ﾊﾟﾀｰﾝ長,境界色 */
183: unsigned int b_off,b_seg;         /* 格納ｵﾌｾｯﾄ,ｾｸﾞﾒﾝﾄ */
184: {
185:     int buff[2];
186:     char buff1[2];
187:     int buff2[2];
188:     char buff3[6];
189:     int buff4[2];
190:     char work[WORK_MAX];
191:
192:         buff[0]=x;
193:         buff[1]=y;
194:         buff1[1]=len;
195:         buff2[0]=b_off;
196:         buff2[1]=b_seg;
197:         buff3[0]=pal;
198:         buff4[0]=(int)&work+WORK_MAX;
199:         buff4[1]=(int)&work;
200:         sys_call(0xaa,buff);
201: }
202:
203: gget(x1,y1,x2,y2,b_off,b_seg,len) /* 描画情報の格納 */
204: int x1,y1,x2,y2;                  /* 左上(x1,y1),右下(x2,y2) */
205: unsigned int b_off,b_seg,len;     /* ﾊﾞｯﾌｧｵﾌｾｯﾄ,ｾｸﾞﾒﾝﾄ,長さ */
206: {
207:     int buff[7];
208:
209:         buff[0]=x1;
210:         buff[1]=y1;
211:         buff[2]=x2;
212:         buff[3]=y2;
213:         buff[4]=b_off;
214:         buff[5]=b_seg;
215:         buff[6]=len;
216:         sys_call(0xab,buff);
217: }
218:
219: gput1(x,y,b_off,b_seg,len,mode,sw,col1,col2) /* 描画情報の表示 */
220: int x,y;                          /* 左上(x1,y1),右下(x2,y2) */
221: int mode,sw,col1,col2;            /* ﾓｰﾄﾞ,ｽｲｯﾁ,ﾌｫｱ,ﾊﾞｯｸ */
222: unsigned int b_off,b_seg,len;     /* ﾊﾞｯﾌｧｵﾌｾｯﾄ,ｾｸﾞﾒﾝﾄ,長さ */
223: {
224:     int buff[5];
225:     char buff1[4];
226:
227:         if(sw==1){
228:             buff1[2]=col1;
229:             buff1[3]=col2;
230:         }
231:         buff[0]=x;
232:         buff[1]=y;
233:         buff[2]=b_off;
234:         buff[3]=b_seg;
235:         buff[4]=len;
236:         buff1[0]=mode;
237:         buff1[1]=sw;
238:         sys_call(0xac,buff);
239: }
240:
241: gput2(x,y,code,mode,sw,col1,col2) /* 日本語の表示 */
242: int x,y;                          /* 左上(x1,y1) */
243: int mode,sw,col1,col2;            /* ﾓｰﾄﾞ,ｽｲｯﾁ,ﾌｫｱｶﾗｰ,ﾊﾞｯｸｶﾗｰ */
244: unsigned int code;                /* jisｺｰﾄﾞ */
245: {
246:     int buff[3];
247:     char buff1[4];
248:
249:         if(sw==1){
250:             buff1[2]=col1;
251:             buff1[3]=col2;
252:         }
253:         buff[0]=x;
254:         buff[1]=y;
255:         buff[2]=code;
256:         buff1[0]=mode;
257:         buff1[1]=sw;
258:         sys_call(0xad,buff);
259: }
260:
261: groll(v,h,flag)     /* 描画画面の移動 */
262: int v,h,flag;       /* 縦(v),横(h),ﾌﾗｸﾞ */
263: {
264:     int buff[2];
265:     char buff1;
266:
267:         buff[0]=v;
268:         buff[1]=h;
269:         buff1=flag;
270:         sys_call(0xae,buff);
271: }
272:
273: gpoint2(x,y)  /* ﾄﾞｯﾄに対応するﾊﾟﾚｯﾄ番号の通知 */
274: int x,y;      /* ﾄﾞｯﾄの座標(x,y) */
275: {
276:     int buff[2];
277:
278:         buff[0]=x;
279:         buff[1]=y;
280:         return(sys_call(0xaf,buff));
281: }
282:
283: init()  /* ベクタのセット */
284: {
285:     static char iret_code=0xcf;
286:     struct SREGS segregs;
287:     int i,buff;
288:
289:         for ( i=0 ; i<64 ; i=i+4 ){
290:             peek(LIO_SEG,i+6,&buff,2);
291:             poke(0,i+0xa0*4,&buff,2);
292:             buff=LIO_SEG;
293:             poke(0,i+0xa0*4+2,&buff,2);
294:         }
295:         poke(0,0xce*4+2,&buff,2);
296:         peek(LIO_SEG,70,&buff,2);
297:         poke(0,0xce*4,&buff,2);
298:         segread(&segregs);
299:         buff=(int)&iret_code;
300:         poke(0,0xc5*4,&buff,2);
301:         buff=segregs.ds;
302:         poke(0,0xc5*4+2,&buff,2);
303: }
304:
305: sys_call(vect,cmd,ah)  /* G-LIO システムコール */
306: int vect;              /* ベクタ番号 */
307: char ah,*cmd;          /* AHレジスタ,パラメータポインタ*/
308: {
309:     union REGS regset;
310:     struct SREGS segregs;
311:
312:         segread(&segregs);
313:         regset.x.bx=(int)cmd;
314:         regset.h.ah=ah;
315:         int86x(vect,&regset,&regset,&segregs);
316:         if(regset.h.ah !=0)
317:             error(vect,regset.h.ah);
318:         return(regset.x.ax);
319: }
320:
321: error(vect,ah)     /* エラールーチン */
322: int vect;          /* ベクタ番号 */
323: char ah;           /* エラーステータス */
324: {
325:     printf("¥nG－LIOのアクセスエラーです．¥n vecter no=%x¥n",vect);
326:     printf(" error code=%x¥n",ah);
327:     exit(1);
328: }
```

第八章

山本強／松平正年

MS-DOS上でのアセンブラ・プログラミング

本章では，MS-DOS上でのアセンブラによるプログラミングの方法および MS-FORTRANとのリンクの方法について解説します．また，応用例としてアセンブラによるグラフィック・ライブラリを紹介します．

1 PC9801のオペレーティング・システム

1-1 OSの標準機能

16ビット・パーソナル・コンピュータではOS(Operating System)が標準的にサポートされます．現在，8086系CPUを対象として入手可能なOSはMS-DOS，CP/M86，RMX/86，XENIX，PC-UXそしてBASICインタプリタといったものです．

最近では，BASICは汎用OSの上で提供されるものが多くなりましたが，PC9801用のN_{88}BASICは現在でもスタンド・アロンで最低限のOSの機能を含んでいます．

BASICは別として，いわゆる汎用OSの機能は，

①システム管理プログラム(モニタ)
②ユーティリティ・プログラム群

に大別されます．図1-1はこれを概念的に図示したものです．最近では，さらにネットワーク機能を含むものもあります．これらの機能を備えたものがOSと呼ばれるわけです．また，①の機能のみに重点を置いて設計されたものをモニタと呼ぶことがあります．

〈図1-1〉
OSの構成

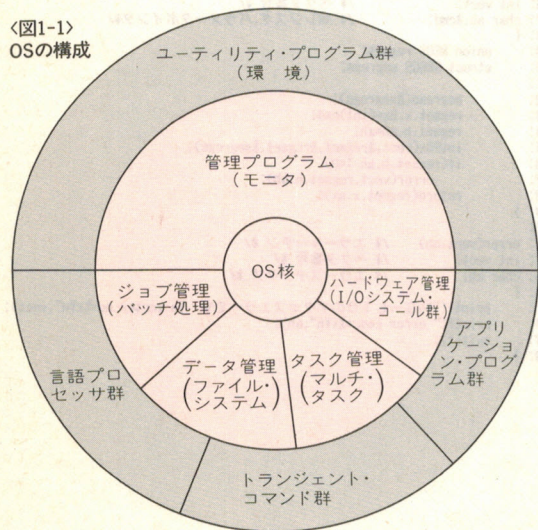
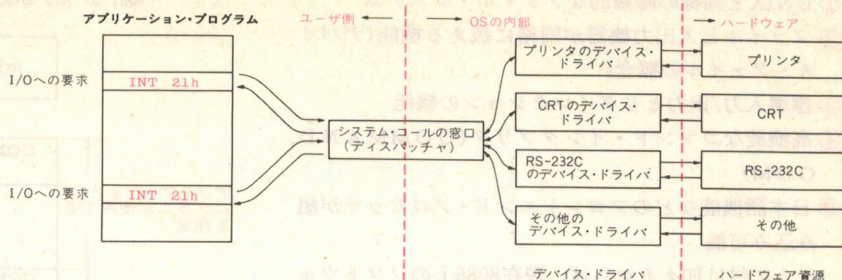
最近のように，ユーティリティ・プログラムが充実してきて，考えられるコマンドがすべてそろっているという状況になってくると(例えばUNIX)，それら全体を環境(Environment)と呼ぶこともあります．

OSが必要な理由は次のようなものです．

①16ビット・パーソナル・コンピュータの豊富なハードウェア資源を有効に利用する．
②物理的な入出力装置(ディスク装置，プリンタ，キーボードなど)を論理的なモデルに変換することによって，ソフトウェアからのインターフェースを容易にする．
③コンピュータと人間のやりとりの窓口となる(CCP, SHELL)．
④プログラム開発のツールが統一的に用意されるので，開発環境として効率がよい．
⑤共通のファイル・システムによって異なる機種間のデータ/プログラムの交換を可能にする．

論理的な入出力機器のモデル化はいくつかの段階があります．基本的なインターフェースは，図1-2に示したようなシステム・コールの形で与えられます．OSがサポートする入出力機器については，物理的なタイミングやデータ単位を考えなくてもよいようなシステム・コールが用意されています．

最近の傾向として，MS-DOSやUNIXではさらに抽象的なインターフェースとして，統一されたファイル・イメージのインターフェース(デバイス・ファイル)が与えられています．この場合は，機器に対応するファイル名を指定するだけで，ディスク上のファイルと同格にデータを交換できるようになり，ハードウェアの実体が何であるかをほとんど意識する必要がありません．

また，ある時点に何をしたいかをパーソナル・コンピュータに伝える手段，つまりコンピュータとのコミュニケーションの窓口が必要です．もちろん専用機ならばパワーON即スタートというスタイルも考えられますが，汎用計算機としてのパーソナル・コンピュータならばいったんコンソールからの入力を待ち，それ

〈図1-2〉
システム・コールによる入出力機器の操作

〈表1-1〉 8086/88用の代表的なOS

OS 名 称	ユーザ数	同時実行プロセス	特 徴
CP/M86	1	1	バッチ指向
MS-DOS(V3.1)	1	1	UNIXスタイル
MS-Windows	1	1	マルチ・ウィンドウ
CCP/M	1	4	マルチタスク，マルチ・ウィンドウ
XENIX	複数	無制限	マルチ・ユーザ/マルチタスク
RMX/86	1	無制限	総合開発環境，リアルタイム指向

を解析して指定されたプログラムを起動します．

この機能をつかさどる部分はCCPとかSHELLと呼ばれます．このうち，SHELLという用語は制御言語に近い高度な機能をもった場合に使われます．

従来はコマンド・プロセッサはOSの一部として核に組み込まれていたのですが，UNIX以後のOSでは，コマンド・プロセッサも普通のプログラムと同じように，OSの核が起動するプログラムとなっているものが多くなっています．CP/M86ではCCPとして組み込まれていますが，MS-DOSではSHELLに近いイメージのコマンド・インタプリタ（COMMAND．COM）としてこの機能が提供されます．

ファイル・システムの管理は，パーソナル・コンピュータ用のOSの最も重要な機能です．つまり，フロッピ・ディスクなどの可搬型のメディアであっても，記録形式（フォーマット）や記述形式（ファイル編成方式）が異なれば，データの交換をすることは容易ではありません．OSの仕様には，ファイルの記録形式が含まれますから，それに従ってさえいれば，異なるハードウェアでもデータを読み書きできます．

一般にファイルの記録形式は，同一のOS間で互換性があります．

1-2 OSの分類

OSならばどれでも同じというわけではありません．OSはその機能によってさらにいくつかのクラスに分類されます．

まず，同時に（見掛け上）実行されるタスクの数が1個かそれ以上かによって，シングル・タスク/マルチタスクかの分類がなされ，さらに同時に使用できるユーザの数が1人かそれ以上かによって，シングル・ユーザ/マルチ・ユーザの分類がなされます．また，マルチタスクのOSにおいては，非同期的なタスクの切り替え要求にどう対応するかによって，リアルタイム/非リアルタイムの分類がされることもあります．

代表的OSについてこの分類をしたものが表1-1です．現在，16ビット・パーソナル・コンピュータに搭載されているOSは，まだシングル・ユーザ/シングル・タスクのものがほとんどです．

1-3 MS-DOSの機能と構造

現在，8086/88を用いたパーソナル・コンピュータに最も広く採用されているOSはMS-DOSです．最も新しいバージョン（MS-DOS V3.1）では，表面的にはUNIXに極めて近いユーザ・インターフェースを与えています．しかし，機能的な分類ではシングル・ユーザ/シングル・プロセスの最も単純なOSです．割り込み処理などもOSの範囲外となっており，リアルタイム処理の管理は行えません．

今後の改版では，マルチプロセスが取り入れられることになると思われます．また，すでにアナウンスされているMS-Windowsは，MS-DOSの拡張としてマルチ・ウィンドウの機能を取り入れたもので，基本的なシステム・コール，ファイル・システムについてはMS-DOSと互換性があります．

1-4 MS-DOS（V3.1）とUNIX

MS-DOS（V3.1）の特徴は，UNIXに近いユーザ・インターフェースがパーソナル・コンピュータでも得られることといえるでしょう．これは，開発元である米マイクロソフト社が上位OSとしてXENIX（UNIX）をリリースしている関係から，スタイルの統一をとるためともいえます．MS-DOSでは以下のような特徴を備えています．

① UNIXと同様の階層的なファイル・システム
② ファイルと入出力機器が同格に扱える機能(デバイス・ファイルの概念)
③ 標準入力/出力とリダイレクションの機能
④ 高機能なコマンド・インタプリタ(COMMAND.COM)
⑤ 日本語機能などのフロントエンド・プロセッサが組み込み可能

さらに付け加えるならば，現在8086上のソフトウェアは大半がMS-DOS上で開発されるため，その上で使用できるアプリケーション・ソフトウェアの数が抜群に多いことも特徴の一つといえるでしょう．

MS-DOSはシングル・プロセスのOSなので，平行プロセスとしてのサブプロセスを起動することはできませんが，いったん自分自身を中断する形で実行されるサブプロセスを起動することができます．

1-5 MS-DOSの構造とインターフェース

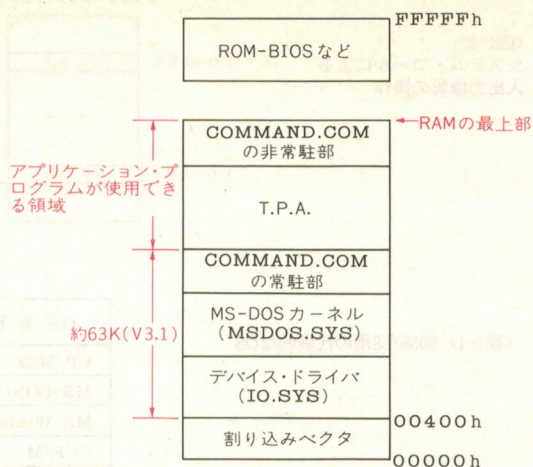
MS-DOSのメモリ・レイアウトを図1-3に示します．常駐する核の部分はファイル・バッファの量によって異なりますが，PC9801では約63Kバイトほどになっています．核の部分は，ハードウェアに依存するIO.SYS，ハードウェアに依存しないMSDOS.SYS，さらにCOMMAND.COMの常駐部に分かれます．IO.SYSはCP/MのBIOSに相当する部分で，MS-DOSのインプリメントは，各ハードウェアに合わせてこの部分をカストマイズすることになります．

MSDOS.SYSはCP/MでのBDOSに相当し，OSの基本的な機能がすべてここに含まれています．COMMAND.COMはCP/MのCCPに相当する部分で，コンソールとの対話やバッチ・ジョブの管理を行います．MS-DOSではCOMMAND.COMは常駐部と非常駐部に分かれています．非常駐部はタスクの実行にメモリが不足するといったん追い出され，有効メモリ領域を広げます．

つまり，COMMAND.COMの仕事のうち，コンソールとの対話の部分はいったん制御がアプリケーション・プログラムに移った以後は必要ないので，その分メモリを占有するのはもったいないからです．CP/M80でもCCPは同じように追いだされていました．

MS-DOSとアプリケーション・プログラムのインターフェースは，システム・コールの窓口を通して行われます．MS-DOSのシステム・コールはソフトウェア割り込み(INT 21hなど)を用いています

MS-DOSではINT 20h～3Fhがシステム・コール用として予約されています．MS-DOSを搭載するパーソナル・コンピュータは，この領域をハードウェア割り込みやROM-BIOSに予約することは避け

〈図1-3〉MS-DOSのメモリ・レイアウト

るべきです．

PC9801もIBM-PCもこの範囲はシステム予約となっています．

CP/M86とMS-DOSはよく比較されます．実際，MS-DOSのシステム・コール(INT 21h)の若い番号のパラメータの形式はCP/M86のそれとほとんど同じであり，CP/M86用に書かれたソフトウェアをMS-DOSに移すのは容易です．実際，CP/M86と初期のMS-DOS(V1.X)は機能的な差はあまりありません．

しかし，その後の拡張でCP/Mの機能を越えるインターフェース，例えばpathnameによるファイルの操作やストリームとしてのファイルの取り扱いが取り入れられ，CP/Mとの互換性はしだいに薄くなってきました．むしろ新たに取り入れられたシステム・コールの形式は，UNIXのそれに準じています．

2 MASMによるプログラミング

MS-DOSで本格的に何かをやろうとする場合は，好むと好まざるとにかかわらずアセンブラでのプログラムを避けて通ることはできません．特に，FORTRANなどのようなアセンブラ的記述の全くできない高級言語を使って，直接ハードウェアを操作したりするときはなおさらです．そのためのユーティリティとして，MS-DOSにはMASM(マクロ・アセンブラ)という強力なアセンブラが用意されています．

このMASMには，一般のアセンブラの機能に加えて，

▶マクロ機能を持つ
▶再配置可能(リロケータブル)なオブジェクトが得られる
▶多くの擬似命令が用意されている

などの便利な機能を持っています．また，出力されるオブジェクト・ファイルはMS-FORTRANなどのマイクロソフト社の他の高級言語のオブジェクト・ファイルと互換性を持ち，MS-LINKによってリンクすることも可能です．さらに，オブジェクト・ファイルはMS-LIBによって汎用性のあるライブラリとすることも可能です．

MS-DOSにはこのような便利なアセンブラがユーティリティとして付いていますが，大規模なプログラムを組む場合，いかにMASMでも大変です．したがって，一般的なプログラミングでは必要な部分をMASMで作り，それをMS-FORTRANなどの高級言語とリンクして使うという方法がとられます．しかし，MS-FORTRANなどの高級言語でMASMのルーチンを使用するときには面倒な制約がいろいろとあります．

そこで，ここではMS-FORTRANにおけるアセンブリ・ルーチンの使用を前提としてのMASMでの簡単なプログラムの組み方，およびMS-LINK，MS-LIBの使用法について説明し，その後，実際の使用例としてグラフィックなどのライブラリを作成することにします．

なお，以後よく出てくる用語について，いくつかを簡単に説明します．

〈モジュール〉

個々に分離したコードの集合体を指します．リロケータブル・モジュールや実行可能モジュールなどがあります．コンパイラ(MASM，MS-FORTRANなど)が作成するオブジェクト・ファイルは，リロケータブル(再配置可能)モジュールで，絶対アドレスをその中に含みません．MS-LINKなどのリンカで，リロケータブル・モジュールをリンクすることにより，実行可能モジュールが作成されます．

以後モジュールといえば，リロケータブル・モジュール(オブジェクト・ファイルからドライブの指定および拡張子を取り除いた部分)を指します．

〈外部参照〉

別のモジュール内にあるルーチンや変数を参照することを意味します．

〈プロシジャ(手続き)〉

サブルーチンと考えてください．最後にはＲＥＴがいります．

それでは，MASMを使ったマクロ・アセンブラのプログラムの組み方を，擬似命令，入出力を中心に説明していくことにしましょう．

なお，ここでは8086のアセンブラのプログラムに関する説明はしません．8086のアセンブラについての基本的な知識があるものとして話を進めます．

MASMでは，名前(アドレス，データ，定数など)として以下のキャラクタが使用できます．

Ａ～Ｚ，ａ～ｚ，０～９，？，＠，＿，＄

ただし，最初のキャラクタは英字でなければならず，また31文字を超える文字は無視されます．

では，まずMASMでのプログラムを最も特徴づけている擬似命令について説明します．ただし，ここでは，あくまでMS-FORTRANからの呼び出しを前提としてプログラミングを考えているので，それに必要と思われる最低限の命令のみを説明することにします．なお詳しい使用例，プログラミング例は，後に出てくるリストを参照してください．

まず初めに，擬似命令について説明します．

擬似命令(ディレクティブ)とは，それ自体はマシン語のコードに変換されませんが，アセンブラに対し各種の情報を与える命令です．擬似命令にはメモリ擬似，マクロ擬似，条件擬似，リピート擬似，リスティング擬似などがあります．

2-1　メモリ擬似命令

この擬似命令グループは，主にメモリの制御に関する情報をアセンブラに送ります．ただし，厳密にいえばこのグループは，いわば「その他」のグループで，ＣＯＭＭＥＮＴのようなメモリの制御に関係のない命令も含みます．このうち重要と思われるものについて説明します．

① 〈名前〉ＳＥＧＭＥＮＴ〈属性〉
　　　　　⟆
　〈名前〉ＥＮＤＳ

この擬似命令ＳＥＧＭＥＮＴとＥＮＤＳにはさまれたプログラムやデータにおけるセグメントに名前を付けます．プログラムやデータのセグメントには，必ずこの擬似命令によって名前が付けられていなければなりません．

〈属性〉はアライン，組み合わせ，クラスです．クラスはシングル・クォート「’」で囲まれていなければなりません．これらの情報はリンカに渡されます．詳細はMS-LINKのところで説明します．

② 〈名前〉ＧＲＯＵＰ〈セグメント名〉[，…]

ＧＲＯＵＰは，いくつかのセグメント名(ＳＥＧＭＥＮＴによって名前が付けられていなければなりません)をまとめて１つの名前で参照できるようにします．ＧＲＯＵＰは全体で64Kバイトを超えてはいけません．

③ ＡＳＳＵＭＥ〈レジスタ〉：〈名前〉[，…]

セグメント・レジスタがどのセグメント名を指すかをアセンブラに告げます．セグメント・レジスタは四つ(CS，DS，ES，SS)あり，ユーザはＡＳＳＵＭＥに対して，一つから四つのレジスタを指示できます．

〈リスト2-1〉MS-FORTRANとリンクするときのMASMの書式の一例(PROC1を呼び出す場合)

```
DATA    SEGMENT 'DATA'  ─┐ データ部
   〜                     │ (セグメント名DATA, クラス名DATA)
DATA    ENDS            ─┘
DGROUP  GROUP  DATA          DGROUPにまとめる.
CODE    SEGMENT 'CODE'  ─────────────────────────────────────┐
        ASSUME CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP ── ASSUMEでセグメント指定 │
        PUBLIC  PRO1 ── PROC1 が外部参照できる様にする.        │ コード部
PROC1   PROC    FAR  ── 外部参照されるプロシジャ ─┐            │ (セグメント名CODE
   〜                   プロシジャ本体            │ プロシジャ名 │ クラス名CODE)
        RET                                       │ PROC1       │
PROC1   ENDP                                    ─┘            │
   〜                   他のプロシジャ群                       │
CODE    ENDS            ─────────────────────────────────────┘
        END          ── プログラムの終り
```

④ ＥＸＴＲＮ〈名前〉：〈タイプ〉[, …]

ＥＸＴＲＮの後に続く〈名前〉(他のモジュール内で定義されていること)が外部参照であることを定義します．このとき〈名前〉は，それが定義されているモジュール内でＰＵＢＬＩＣによって外部参照の宣言がされていなければなりません．

〈タイプ〉は，〈名前〉がラベルやＰＲＯＣ擬似命令で定義されたプロシジャ名のとき，ＮＥＡＲ，またはＦＡＲを用います(ＮＥＡＲは省略可)．〈名前〉が同じセグメント内で定義されている(参照する側もされる側も同じセグメント内にある別個のモジュールに同じセグメント名を付けた場合)ときは，ＥＸＴＲＮ擬似命令はＳＥＧＭＥＮＴ〜ＥＮＤＳ内に書き，〈タイプ〉はＮＥＡＲを用います．

また，〈名前〉が異なるセグメント内で定義されているときは，ＥＸＴＲＮ擬似命令をＳＥＧＭＥＮＴ〜ＥＮＤＳの外に置き，〈タイプ〉はＦＡＲを用います．

〈名前〉が変数のときは，〈タイプ〉は変数のサイズを表し，次のいずれかです．

ＢＹＴＥ　(1バイト)
ＷＯＲＤ　(2バイト)
ＤＷＯＲＤ(4バイト)

⑤ ＰＵＢＬＩＣ〈名前〉[, …]

〈名前〉が，他のモジュールで参照できるよう宣言します．

〈名前〉は，数，変数，ラベル，プロシジャ名のいずれかです．ただし，〈名前〉はレジスタ名あるいはEQUにより浮動小数点，数値，あるいは2バイトを超える整数値に定義されていてはいけません．

⑥〈名前〉ＰＲＯＣ［ＮＥＡＲ］またはＦＡＲ
〜
ＥＮＤＰ

この擬似命令にはさまれた一連の手続きに名前を付けます．また，この手続きの最後にはＲＥＴが必要です．

手続きが同じセグメント内から呼び出される場合はＮＥＡＲを使い，異なるセグメントのモジュールから呼び出される場合はＦＡＲを使います．省略された場合はＮＥＡＲとなります．

また，ＰＵＢＬＩＣ擬似命令と組み合わせることにより，FORTRANなどの他の高級言語からの呼び出しを受けることができます．

⑦ ＯＲＧ［〈式〉]

ロケーション・カウンタを〈式〉の値にセットします．コードはその値で始まる番地から生成されます．

⑧ ＥＮＤ［〈式〉]

ソース・ステートメントの終わりを示します．〈式〉があった場合，その値がプログラムの開始番地になります．ただし，いくつかのモジュールをリンクする場合，メイン・モジュールのみが〈式〉を用いることができます．

以上の擬似命令を使えば，MS-FORTRANとリンクする場合のMASMのプログラムは，一般的にリスト2-1のようになります．

2-2　リンク時の注意点

MASMのプログラムをMS-FORTRANなどとMS-LINKを使ってリンクする場合，以下のことに注意

してください．
①アセンブラ・ルーチンでコードを配置するセグメントには，通常は必ずＣＯＤＥと名前を付けてください．また，データを配置するセグメントは名前をＤＡＴＡ，クラス名を'ＤＡＴＡ'とし，ＤＧＲＯＵＰという名前のグループ内に置きます．またＡＳＳＵＭＥ文が必要です．これは以下の理由に基づきます．

MS-FORTRANなどでは，コードはＣＯＤＥという名前のセグメントに置かれ，変数やスタック，共通ブロックなどはすべてＤＧＲＯＵＰと称する一つのグループ内に割り当てられます．そしてDS，SSセグメントを用いてセグメント指定を行います．このＤＧＲＯＵＰにはいくつかのセグメント名とクラス名がそれぞれ付いたセグメントが含まれていますが，そのうちアセンブラが使ってさしつかえないのはセグメント名がＤＡＴＡで，クラス名が'ＤＡＴＡ'の静的変数です．また，ＣＯＭＭＯＮブロックを使うこともできます(詳しいことは後で説明します)．

MS-FORTRANは，メモリの低位アドレスから高位アドレスに向かってコード，ＤＧＲＯＵＰ，名前付きＣＯＭＭＯＮブロックと取っていきます．したがって，ユーザが勝手に名前を付けたセグメントにあるアセンブラ・プログラムとMS-FORTRANなどをリンクしたとき，FORTRANがアセンブラ・プログラムを破壊することがあります(FORTRANで名前付きＣＯＭＭＯＮブロックを定義した場合)．
②アセンブラからFORTRANなどのサブルーチン，関数(文関数を除く)を参照するときはＥＸＴＲＮが必要です．このＥＸＴＲＮはＳＥＧＭＥＮＴ～ＥＮＤＳの外に置き，タイプはＦＡＲを用います．これはFORTRANでは，サブルーチン，関数(文関数を除く)はすべてＦＡＲ ＣＡＬＬを前提としているからです(文関数はＮＥＡＲ ＣＡＬＬです)．文関数を参照するときは，ＥＸＴＲＮはＳＥＧＭＥＮＴ～ＥＮＤＳの中に置き，タイプはＮＥＡＲを用います．
③FORTRANなどから参照されるアセンブリ・ルーチンはＰＲＯＣ擬似で名前を付け，その名前をＰＵＢＬＩＣで外部参照宣言します．またＰＲＯＣにはＦＡＲを必ず付けます．これも前述の理由に基づきます．

2-3 条件擬似命令

条件擬似命令は，例えばマクロ・コール内で条件によって特定のコードを生成させたり，させなかったりしたいときに使います．

すべての条件擬似命令は以下の書式にしたがいます．

```
ＩＦ×××［引数］
  ∫
［ＥＬＳＥ
  ∫
ＥＮＤＩＦ
```

この命令があった場合，アセンブラは条件が真のときＩＦからＥＬＳＥまでのソースをアセンブルし，偽のときはＥＬＳＥ文以下のソースをアセンブルします(ＥＬＳＥ文がないときは条件が偽のとき条件文全体が無視されます)．

2-4 マクロ擬似命令

この擬似命令が，MASMを最も特徴づけている命令です．

マクロ擬似命令は，ソース・プログラム内で同じような記述を何度も使いたいがサブルーチン化するのも面倒くさいというときに使うと便利です．何度も使いたい部分(ブロック)にマクロ擬似命令を使って名前を付ければ，ソース・プログラムにその名前を書くだけで，アセンブラはその場所にあたかもそのブロックが存在するかのごとくコードを生成してくれるという，それはそれはありがたい命令です．

この擬似命令を使えばソース・プログラムがすっきりして見やすくなります．ただし，サブルーチンと異なり常にコードを生成するため，あまり多用するとソース・プログラムが小さくてもオブジェクト・モジュールが巨大になってしまいます．ありがたがるのもほどほどにしましょう．

では，以下にマクロ擬似命令において重要と思われ

〈リスト2-2〉
マクロ定義の一般的書式

定義部
```
mac1    MACRO   dummy1
        LOCAL   dummy2  ―― 局所変数
        ～
        MOV     BX,dummy1
        ～
dummy2:
        ～
        ENDM
```

呼び出し部
```
proc1   PROC
        ～
        mac1    dummy1   ここで展開される
        ～
        RET
proc1   ENDP
```

る事柄について説明します.

① 〈名前〉 MACRO [〈ダミー〉, …]

　　　　　　∫

　　ENDM

擬似命令MACROとENDMにはさまれたブロックに名前を付け，その名前をマクロ・コールできるよう定義します．展開時にブロック内を部分的に変更したい場合は，その部分にダミーの名前を与えその名前をMACROの後に並べなければいけません.

マクロ・コールは以下のようにしてなされます.

〈名前〉 [〈パラメータ〉, …]

パラメータはMACROのダミーと一対一に対応します．アセンブル時にはパラメータの内容がダミーに順次置き換えられます．詳しくは**リスト2-2**および後のリストを参照してください.

② LOCAL [〈ダミー〉, 〈ダミー〉, …]

マクロ・ブロック内でラベルを使う場合，そのままでは2回以上展開したとき，同じラベルが使われるのでラベルの2重定義となってしまいます．そこで，そのようなときにラベルをLOCAL擬似命令で局所的なラベルと定義すればアセンブラは展開時にそのラベルを独自のラベルに置き換えてくれます.

なお，このLOCAL擬似命令はマクロ・ブロック内の先頭に書かなければいけません.

2-5 リピート擬似命令

この命令は，同じ記述を何度も繰り返して使いたいときに用います．ただし，マクロと違って定義した場所で展開されます．ここでは簡単な説明にとどめることにします.

① REPT 〈式〉

　∫

　ENDM

これらの擬似命令にはさまれたブロックを〈式〉の数だけ繰り返します．〈式〉は，16ビットの整数値として評価されます.

擬似命令には他にも多くの命令がありますが，ここでの説明は省きます．これ以上の説明はマクロ・アセンブラのマニュアルを見たほうが早いし正確でしょう.

それではMASMの擬似命令に関する説明はこれくらいにして，次にMASMの実行方法について簡単に説明し，その後FORTRANとリンクするうえで最も重要な入出力について説明することにします.

3 MASMの実行方法

MASMは，**リスト3-1**に示すようにMASMを実行後にそれぞれのプロンプトに対して必要な入力を与えることで実行できます.

なお，コマンド・キャラクタとして「；(コロン)」と「CTRL-C」があります．これらはどこにおいても使用でき，「；」は次からのプロンプトに対しリターン・キーのみが入力されたときと同じように実行されます．CTRL-Cは，実行を中断させます．これらのコマンド・キャラクタについては，MS-LINK，MS-LIBでも同様に使えます.

MASMによりMS-FORTRANなどのサブルーチンや関数を作成する時に，FORTRANからアセンブラ・ルーチンへ数値，文字などを引き渡したり，逆にアセンブラ・ルーチンからFORTRANの方へ数値などを戻したりする必要があります．このFORTRANとアセンブラ・ルーチンとの間のインターフェースについて次に説明します.

3-1 変数，定数の型とその内部表現

FORTRANとアセンブラとの引数の受け渡しにおいては，その変数の型と内部表現について考慮する必要があります．そこで，MS-DOS上の代表的なFORTRANとして，MS-FORTRANとPC-

〈リスト3-1〉 MASMの実行列

```
A>MASM⏎
The Microsoft MACRO Assembler
Version 1.20, Copyrigtht (C) Microsoft Inc. 1981,82,83

Source filename [.ASM]: GRAPH ⏎ ——— ソースファイル名.
Object filename [GRAPH.OBJ]:⏎ ——— 出力するオブジェクトファイル名（省略するとソースファイル名）.
Source listing  [NUL.LST]:⏎ ——— 出力するソースリストファイル名（省略するとなし）．ディスプレイに表示するときは，CON:⏎
Cross reference [NUL.CRF]:⏎ ——— 出力するクロスリファレンスファイル名（省略するとなし）.

        あるいは，

A>MASM GRAPH; ⏎
```

FORTRANについてそこで使用される変数，定数の型とその内部表現について以下にまとめます．

①整数型

整数型には，データ長が2バイトの2バイト整数型と4バイトの4バイト整数型があり，両方とも内部表現は2の補数によって表されます．

変数のメモリへの格納状態は，図3-1のように1バイト(8ビット)ごとに低位バイトから順次高位のバイトが高位アドレス側へとなるように格納されています．

②実数型

実数型は，データ長が4バイトの実数型と8バイトの倍精度実数型があります．内部表現は，MS-FORTRANではバージョン3.0より後はIEEE型の内部表現ですが，3.0以前ではマイクロソフト社の実数フォーマットですので注意が必要です．ただし，この一方のフォーマットから他方のフォーマットへの変換はライブラリでサポートしています．

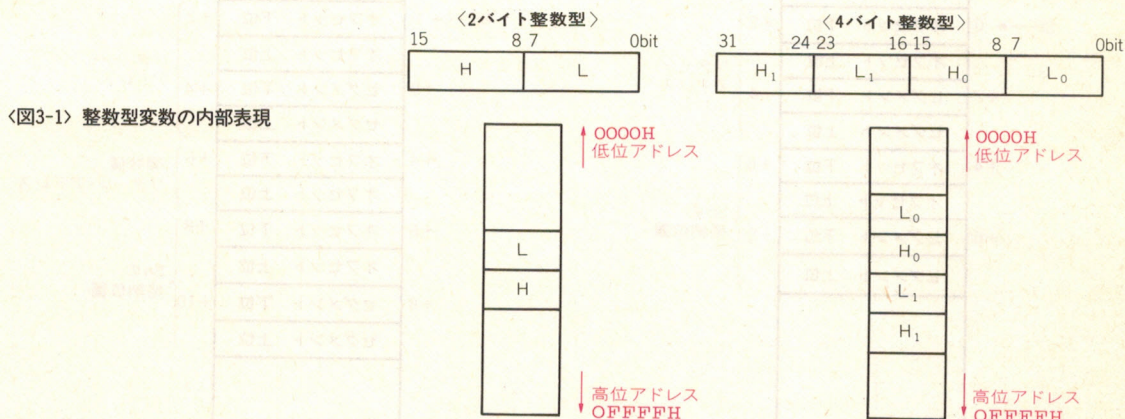
PC-FORTRANでは／８７スイッチの有無で内部表現が異なります．／８７スイッチなしの場合，BASIC型の内部表現となり，／８７スイッチありの場合にはIEEE型の内部表現となります．この2つの型の変換もライブラリでサポートされていますのでマニュアルを参照してください．

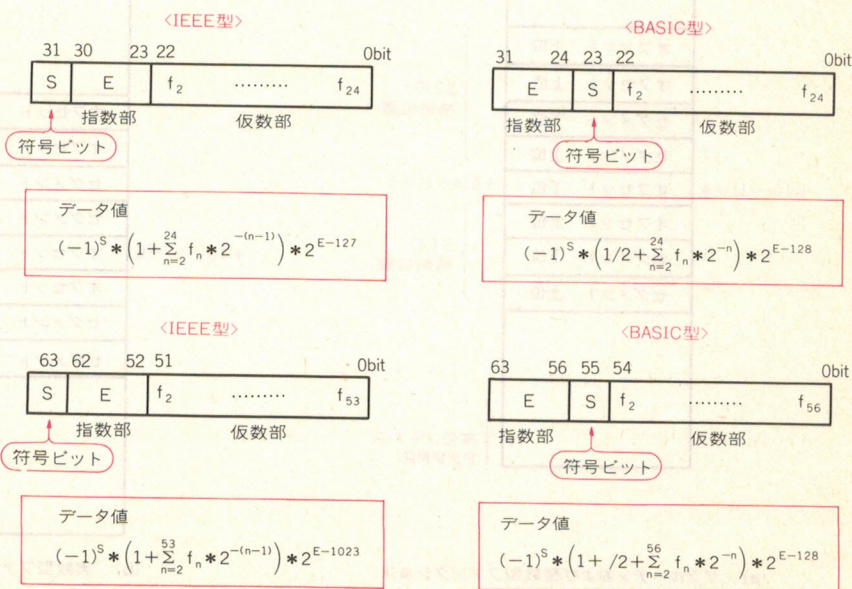
内部表現は浮動小数点形式で，指数部と仮数部からなっていて，データの値と実際のビットとの関係は図3-2のようになっています．

メモリへの格納は，整数型と同様に1バイトごとに低位のバイトから順次高位のバイトが高位アドレス側へとなるように格納されていきます．

③論理型

論理型変数のデータ長，内部表現は，MS-FORTRANとPC-FORTRANでは異なっています．MS-FORTRANではデータ長は2バイトか4バイトで，内部表現は偽のときは下位バイトが0，真のときは1となり，上位バイトは不定となります．

PC-FORTRANではデータ長が1バイトか4バイ

〈図3-1〉 整数型変数の内部表現

〈図3-2〉 実数型変数の内部表現

トで，偽のときは0を，真のときは0以外の値をとります．

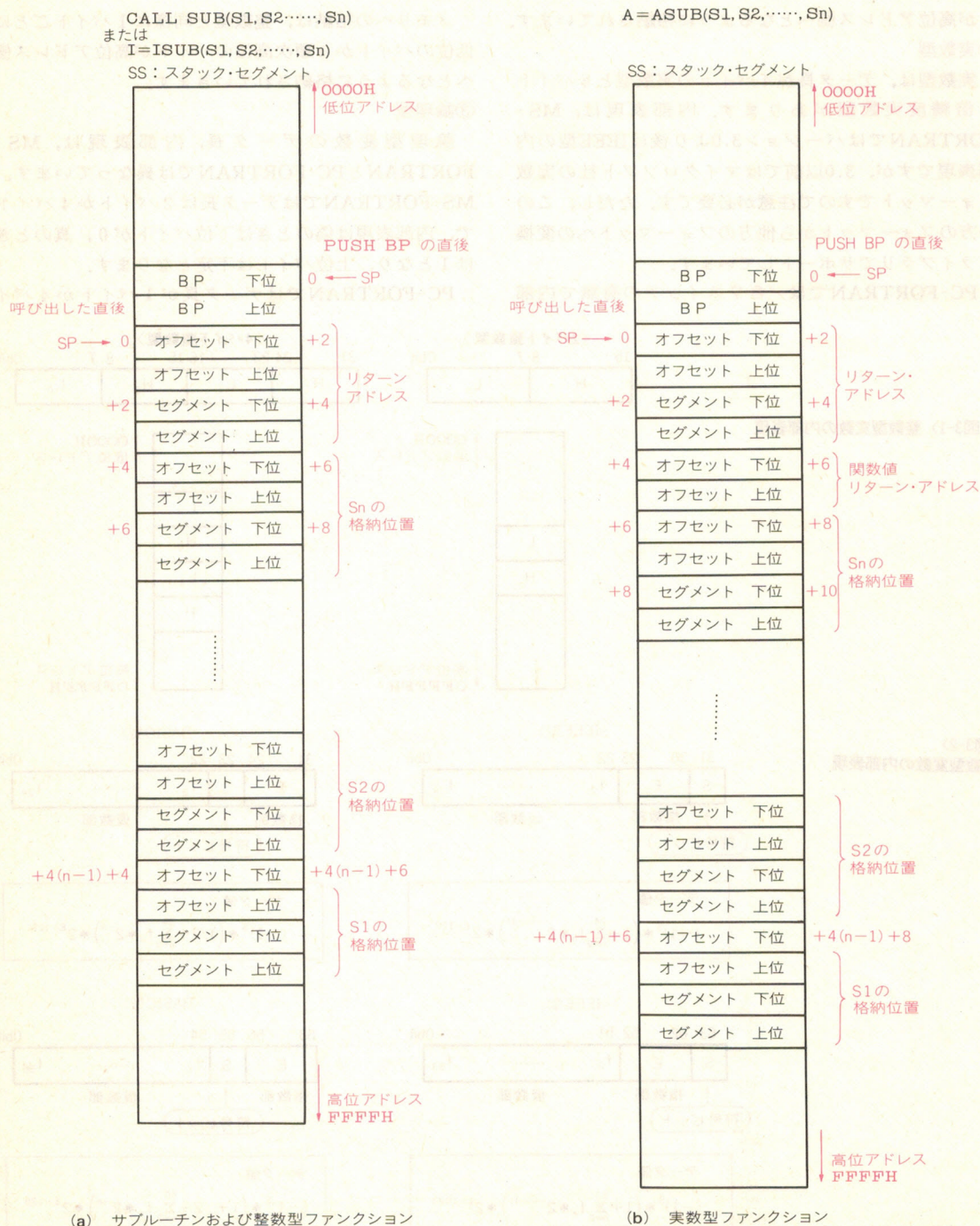
④文字型

文字型のデータ長は指定された長さ分だけとられます．また，内部表現はASCIIコードで表されます．格納状態は最初の文字が低位アドレス側へと入り，順次高位アドレス側へと格納されていきます．

3-2 引数および値の受け渡し

MS-FORTRANでは，サブルーチンあるいは関数を呼び出したとき，そのルーチンを実行する直前に引数や戻り値などのセグメントやオフセットをスタックに積みます(戻り値はオフセットのみ)．このセグメントとオフセットを使えば，引数の値をレジスタやメモ

〈図3-3〉スタックの状態

(a) サブルーチンおよび整数型ファンクション　(b) 実数型ファンクション

リに転送したり，逆にレジスタやメモリから引数へと転送したりできます．

また，関数での戻り値は，2バイト整数型ではAXレジスタ，4バイト整数型では下位2バイトがAXレジスタ，上位2バイトがDXレジスタで示されます．実数型の関数で結果を返すときは，スタックにそれ用

〈リスト3-2〉 サブルーチンのサンプル・プログラム

```
COMMENT *                        ←――――――  COMMENT擬似命令，直後の区切り記号（認
     ポート 出力 サブルーチン                意でよい）から次に同じ区切り記号に出合う
                                          までをコメントする．
  SUBROUTINE OUT(ADDRESS,DATA)
    ADDRESS :   2バイト整数型
    DATA    :   2バイト整数型

*
DATA    SEGMENT 'DATA'      ← データ部．セグメント名DATA,クラス名DATA
DATA    ENDS
;
DGROUP  GROUP   DATA        ← DGROUPにまとめる
;
CODE    SEGMENT 'CODE'      ← コード部．セグメント名CODE,クラス名CODE
        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
        PUBLIC  OUT         ← OUTを外部参照できるようにする
OUT     PROC    FAR         ← プロシジャ名OUT,タイプFAR
        PUSH    BP          ← BPを保存する．
        MOV     BP,SP       ← BPにSPの値をロードする．
;
        LES     SI,10[BP]   ← 第1引数の格納アドレスのセグメントをESに，オフセットをSIにロード
        MOV     DX,ES:[SI]  ← 第1引数の値をDXにロード．
        LES     SI,6[BP]    } 第2引数の値をAXにロード．
        MOV     AX,ES:[SI]  }
        OUT     DX,AL       ← ポートに出力
;
        POP     BP          ← BPを復帰する
        RET     8           ← 8バイト分スタックを払い，リターンする
OUT     ENDP
;
CODE    ENDS
        END



A>TYPE BEEP.FOR                 サブルーチンOUTの使用例
      DO 20 I=0,2000
   20  CALL OUT(#37,6)
       CALL OUT(#37,7)
      STOP
      END
```

〈リスト3-3〉 整数関数のサンプル・プログラム

```
COMMENT *
     ポート 入力 関数

  FUNCTION IN(ADDRESS)
    ADDRESS :   2バイト整数型

*
DATA    SEGMENT 'DATA'
DATA    ENDS
;
DGROUP  GROUP   DATA
;
CODE    SEGMENT 'CODE'
        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
        PUBLIC  IN
IN      PROC    FAR
        PUSH    BP
        MOV     BP.SP
;
        LES     SI,6[BP]    } 第1引数の値をDXにロード
        MOV     DX,ES:[SI]  }
        IN      AL,DX       ← ALにデータを出力する
        XOR     AH,AH       } AX,DXを0にする．AX,DXが関数の戻り値となる
        XOR     DX,DX       }
;
        POP     BP
        RET     4           ← リターン4バイト・ポップ
IN      ENDP
;
CODE    ENDS
        END
```

のオフセットが積んでありますから，そのオフセットの示すアドレスに戻り，値を書き込んでリターンすれば結果が返ります．

逆に，アセンブラ・ルーチンからFORTRANのサブルーチンなどを参照したいときは，スタックに引数の値が収まっているアドレスのセグメントとオフセット(それぞれ4バイト)，次に結果を入れるアドレスのオフセット(実数関数を呼び出すとき2バイト)を積んでコールします．

実際にサブルーチンと関数が呼ばれた後のスタックの状態を図3-3に示します．また，以上のことに関するサンプル・プログラムを**リスト3-2～リスト3-5**に示します．

リスト3-2はサブルーチンのサンプルです．このルーチンはポートに1バイトのデータを転送します．FORTRANからは，

CALL OUT(IP, ID)

(IP：ポート・アドレス，ID：転送データ)

のように呼び出します．ただし，データは2バイト整数IDの下位に入れます．なお，付属のFORTRANプログラムはOUTのテスト・プログラムです．実行

〈リスト3-4〉 実数関数のサンプル・プログラム

```
COMMENT *
     実数関数サンプルプログラム
       FUNCTION  EQ(X)
     引き数の値をそのまま返す

*
DATA    SEGMENT 'DATA'
DATA    ENDS
;
DGROUP  GROUP   DATA
;
CODE    SEGMENT 'CODE'
        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
        PUBLIC  EQ
EQ      PROC    FAR
        PUSH    BP
        MOV     BP,SP
;
        LES     DI,[BP+8]    ← 第1引数の格納アドレスのロード
        MOV     BX,[BP+6]    ← 戻り値の格納されるオフセットをBXにロード
;
        MOV     AX,ES:[DI]   } 引数の下位2バイトをBXのアドレスにロード
        MOV     [BX],AX      }
        MOV     AX,ES:[DI+2] } 引数の上位2バイトをBX＋2のアドレスにロード
        MOV     [BX+2],AX    }
;
        MOV     AX,[BP+6]    ←AXに戻り値の格納されているオフセットをロード
;
        POP     BP
        RET     6
EQ      ENDP
CODE    ENDS
        END



C
C  実数関数サンプルプログラム
C     EQ TEST PROGRAM
C
      A=0.0
      B=14.5
      WRITE(*,5) A,B
      A=EQ(B)
      WRITE(*,5) A,B
      STOP
    5 FORMAT(1H ,2F10.5)
      END
```

〈リスト3-5〉 アセンブラからFORTRANを呼び出す
サンプル・プログラム

```
COMMENT *
 FORTRAN FUNCTION CALL

*
;
DGROUP  GROUP   DATA
;
EXTRN   AMUL:FAR             ←FORTRANの関数AMULを外部参照宣言する．タイプはFAR,
;                             SEGMENT擬似の外に書く
CODE    SEGMENT 'CODE'
        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
        PUBLIC  TEST
TEST    PROC    FAR
        PUSH    BP
        MOV     BP,SP
;
        LES     DI,[BP+14]   ← 第1引数
        PUSH    ES           }セグメントとオフセットをスタックに積む
        PUSH    DI
;
        LES     DI,[BP+10]
        PUSH    ES           }第2引数
        PUSH    DI
;
        MOV     AX,OFFSET DS:FNSTACK ←DSからのオフセットFNSTACK
        PUSH    AX           ← 戻り値のオフセットをスタックに積む
;
        CALL    AMUL         ← AMULをコール
;
        MOV     SI,AX        ← 戻り値のオフセットをSIにロード
        LES     DI,[BP+6]    ← 第3引数
;
        MOV     AX,[SI]
        MOV     ES:[DI],AX   }第3引数に結果を入れる
        MOV     AX,[SI+2]
        MOV     ES:[DI+2],AX
        POP     BP
        RET     12           ← リターン12バイト・ポップ
TEST    ENDP
CODE    ENDS
;
DATA    SEGMENT PARA 'DATA'
FNSTACK DW      0            ← 関数の戻り値の格納領域
        DW      0
DATA    ENDS
        END


C
C     FORTRAN FUNCTION          MS-FORTRANの関数
C

      FUNCTION AMUL(A,B)
      AMUL=A*B
      RETURN
      END



C
C   SAMPLE TEST PROGRAM          テスト・プログラム
C
      A=2.0
      B=1.5
      C=0
      CALL TEST(A,B,C)           C＝A×B
      WRITE(*,*) A,B,C
      STOP
      END
```

させると98が鳴きます．

リスト3-3に示したのは整数関数の例です．この関数はポートから1バイトのデータを読み込みます．FORTRANでは，

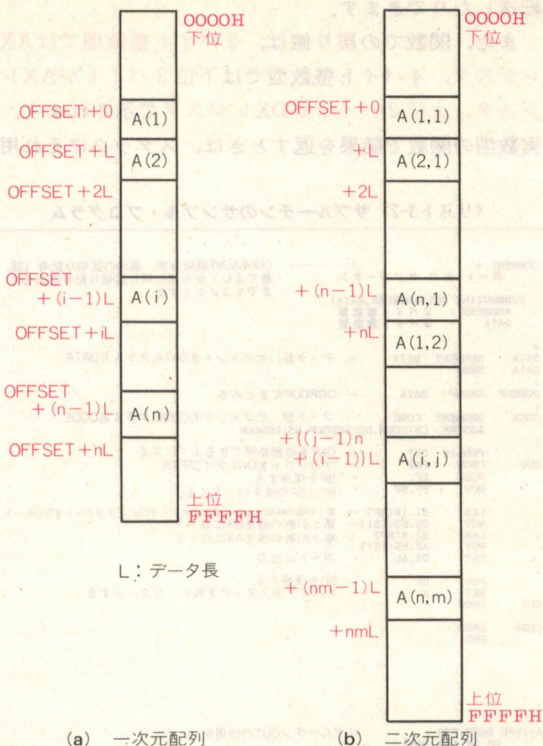
　ID＝IN(I･P)

のように使います．データは2バイト整数IDの下位に入り，上位バイトは0になります．

これらOUT，INのルーチンは有用なのでライブラリとしておくとよいでしょう．

リスト3-4は実数関数のサンプルです．これは引数の値をそのまま結果として返す関数です．実にしようもないプログラムですが，関数の作りは理解できると思います．

〈図3-4〉 配列変数の格納のされ方

(a)　一次元配列　　(b)　二次元配列

リスト3-5はアセンブラからFORTRANの関数を呼び出すサンプルです．このプログラムは，アセンブラ・レベルで実数の掛け算をするルーチンを作ろうとするものです．これをすべて8086のアセンブラでやろうとするとやたら手間がかかります(8087が使える人は別ですが)．そこでFORTRANの関数を拝借すれば，アセンブラ・レベルで簡単に実数計算ができるというわけです．

3-3　実数型関数を作るときの注意

通常，呼び出されたサブルーチンや関数では，DS，BP，SSの各レジスタは保持する必要がありますが，その他のレジスタは保持する必要がありません．ところが実数型関数の場合は，MS-FORTRANのところで，AXレジスタに，関数の戻り値が入るところのオフセット・アドレス(すなわち［BP＋6］)を入れてから関数のルーチンを呼び出しています．そのため，関数のルーチン内でAXレジスタを変えたりすると，結果としてとんでもない値が返ることになります．

したがって，関数内でAXレジスタを変更した場合は，POP BPの前に，

　MOV AX，［BP＋6］

を入れる必要があります．

〈図3-5〉 MS-FORTRANのメモリ構造

DGROUPデータ領域

セグメント	クラス	内容
HEAP	MEMORY	ポインタ変数，いくつかのファイル
MEMORY	MEMORY	使用されない
STACK	STACK	フレーム変数およびデータ
DATA	DATA	静的変数
COMADS	COMADS	名前付きCOMMONブロックのアドレス
CONST	CONST	定数データ
COMMQQ	COMMON	名前なしCOMMONブロック

3-4 配列変数の配置と受け渡し

一次元配列変数は，メモリ上に添字1からDIMENSIONなどで定義された最大値まで順に格納されていて，一つの変数のデータ長は変数の型によるデータ長分だけとります．例えば，

CALL SUB(A)

または，CALL SUB(A(1))

(SUB：サブルーチン名，A：配列名)

とすると，A(1)の格納位置を示すセグメントとオフセットがスタックに積まれます．また，

CALL SUB(A(k))

とすると，A(k)のアドレスがスタックに積まれます．このアドレスからのオフセットを用いることで，配列の各要素の参照ができます(図3-4参照)．

二次元配列変数についても図3-4を参照してください〔A(n, m)のとき〕．

3-5 MS-FORTRANのメモリ構造

ここでいきなりですが，MS-FORTRANのメモリ構造について説明します．FORTRANのメモリ構造を知っておいたほうが，以降の事柄が理解しやすいからです．

MS-FORTRANのメモリ構造は，図3-5のようになっています．FORTRANの定数，変数スタック，ヒープ，無名共通ブロック，および名前付き共通ブロックのアドレスは，このうちのDGROUPというGROUPに割り当てられています．このDGROUPの中でメモリはオフセットFFFFhから順次低位に配置されます．したがって，DGROUPの最下位に配置された1バイトのオフセットは0以上の正のオフセットとなります．

DGROUPの中で無名共通ブロックは，セグメント名がCOMMQQ，クラス名COMMONのセグメントに配置されます．また，名前付き共通ブロックは，そのオフセット・アドレス，セグメント・アドレスがセグメント名COMADS，クラス名COMADSのセグメントに配置されます．実際には，名前付き共通ブロックは，DGROUPのすぐ上に配置されます．

3-6 COMMONブロックの参照

上記の知識を基にして，アセンブラからMS-FORTRANのCOMMONブロックを参照することができます．

名前なしCOMMONブロックを参照するときは，リスト3-6を参考にしてください．このプログラムは，INITをコールした後，タイマ割り込みがかかるたびにTIMERルーチンに飛ぶようにしてあります．COMMONブロックを参照することによって，いちいちFORTRANからアセンブラ・ルーチンをコールすることなしに引数の受け渡しができます．

COMMONブロックを使えば，このような一種の

〈リスト3-6〉 無名共通ブロックのサンプル・プログラム

```
COMMENT *

    無名共通ブロックサンプルプログラム

*
COMMQQ  SEGMENT COMMON  'COMMON'  ← 名前なしCOMMONブロック
HOUR    DW      0                     セグメント名  COMMQQ
MIN     DW      0                     クラス名      COMMON
SEC     DW      0                     アライメント  COMMON
COMMQQ  ENDS                        (領域をMS-FORTRANとオーバーラップさせる)
;
DGROUP  GROUP   COMMQQ
;
CODE    SEGMENT 'CODE'
        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
TIMER   PROC                      ← タイマ割り込みルーチン
        PUSH    DS                  }
        PUSH    AX                  }
        PUSH    BX                  } レジスタの保存
        PUSH    CX                  }
        PUSH    DX                  }
;
        MOV     AX,WORD PTR CODE:[DS_TBL]   ← DSの値をロード
        MOV     DS,AX
;
        MOV     AH,2CH              } システム・コール(CH:時, CL:分, DX:秒)
        INT     21H                 }
        MOV     BX,OFFSET DS:HOUR
        MOV     BYTE PTR [BX],CH    }
        MOV     BX,OFFSET DS:MIN    }
        MOV     BYTE PTR [BX],CL    } 時分秒をCOMMON領域にセット
        MOV     BX,OFFSET DS:SEC    }
        MOV     BYTE PTR [BX],DH    }
;
        MOV     AL,20H              }
        OUT     0,AL                } タイマ割り込み終了
        MOV     AH,3                }
        INT     1CH                 }
;
        POP     DX                  }
        POP     CX                  }
        POP     BX                  } レジスタの復帰
        POP     AX                  }
        POP     DS                  }
        IRET
DS_TBL  DW      0                 ← DSを保存するための領域
TIMER   ENDP
CODE    ENDS
;
CODE    SEGMENT 'CODE'
;       ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
        PUBLIC  INIT
INIT    PROC    FAR               ← 初期化ルーチン
        PUSH    DS
        PUSH    AX
        PUSH    BX
;
        MOV     AX,DS                       } DSをセーブ
        MOV     WORD PTR CODE:[DS_TBL],AX   }
;
        CLI                         割り込みベクタ(タイマ割り込み)
        XOR     AX,AX               0000:(0020)  タイマ割り込み処理ルーチンのオフセット
        MOV     DS,AX               0000:(0022)  タイマ割り込み処理ルーチンのセグメント
        MOV     BX,20H
        MOV     WORD PTR [BX],OFFSET TIMER
        MOV     AX,CS
        AND     AL,0FEH             } タイマ割り込み以外をマスク
        OUT     2,AL                }
;
        POP     BX
        POP     AX
        POP     DS
        IRET
INIT    ENDP
;
        PUBLIC  OWARI
OWARI   PROC    FAR               ← 終了ルーチン
        PUSH    AX
        PUSH    BX
        PUSH    ES
        IN      AL,2                }
        OR      AL,1                } タイマ割り込みをマスク
        OUT     2,AL                }
        CLI
        XOR     AX,AX               }
        MOV     ES,AX               }
        MOV     BX,20H              } 割り込みベクタを元のアドレスに戻す
        MOV     ES:[BX],195DH       } 0000:(0020) ←195DH
        MOV     ES:[BX+2],0FD80H    } 0000:(0022) ←FD80H
        STI
        POP     ES                      (9801/E/F/Mの場合)
        POP     BX
        POP     AX
        IRET
OWARI   ENDP
;
CODE    ENDS
        END


      INTEGER*2 HOUR,MIN,SEC                     MS-FORTRAN部
      COMMON HOUR,MIN,SEC
      CALL INIT
      DO 100 I=1,100
  100 WRITE(*,1000)HOUR,MIN,SEC
      CALL OWARI
 1000 FORMAT(1H ,I2,':',I2,':',I2)
      STOP
      END
```

〈図3-6〉
名前付きCOMMONブロックのアドレスの格納のされ方

並列処理(もちろん時分割ですが)のようなことも簡単にできるわけです.

名前付きCOMMONブロックの場合は,各COMMONブロックのオフセット・アドレス,セグメント・アドレスが,セグメント名COMADS,クラス名COMADSのセグメントに図3-6のように格納されています.各COMMONブロックの構成要素の参照はそのアドレスからのオフセットを用います.なお,COMMONブロックの順序はリンカがリンク時に出会った順序にしたがいます.名前付きCOMMONブロックの参照については**リスト3-7**を参考にしてください.簡単なプログラムですが,名前付きCOMMONブロックのアドレスがどのように配置されているかがわかると思います.

4 MS-LINKとMS-LIBの使い方

MASMでソース・ファイルをアセンブルしてできた

〈リスト3-7〉 名前付き共通ブロックのサンプル・プログラム

```
COMMENT %

    名前付きＣＯＭＭＯＮブロック  サンプルプログラム

%
DATA    SEGMENT 'DATA'
HIDEBU  DB      'HI-DE-BU-    !!!      '
TAWABA  DB      'TA-WA-BA-    !!!      '
ABESHI  DB      'A-BE-SHI-    !!!      '
DATA    ENDS
;
COMADS  SEGMENT COMMON  'COMADS'  ← 名前付きCOMMONブロックのアドレス格納領域
                                    セグメント名COMADS.クラス名COMADS
POINT   DB      1 DUP(?)        ←┐
COMADS  ENDS                      └─ 1バイトの領域確保 （最初の名前付きCOMMON
;                                     ブロックのオフセット・アドレスが格納されている）
DGROUP  GROUP   DATA,COMADS
;
CODE    SEGMENT 'CODE'
        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
;
COMMON  MACRO   DOFF,DSEG,DAT              ← マクロ部
        PUSH    DS
        MOV     DI,WORD PTR DSEG[POINT]    ← COMMONブロックのオフセットを取り出す
        ADD     DI,DOFF                    ← 各要素のオフセットを出す
        MOV     AX,WORD PTR DSEG[POINT+2]← COMMONブロックのセグメントを取り出す
        MOV     ES,AX
        MOV     SI,OFFSET DS:DAT
        MOV     CX,0BH                    22バイト
        CLD                              }転送  ES:〔SI〕←DS:〔DI〕
        REP     MOVSW
        POP     DS
        ENDM
;
        PUBLIC  INIT
INIT    PROC    FAR
        COMMON  0,0,HIDEBU          ← 最初のCOMMONブロックの最初の要素
        COMMON  22,0,TAWABA         ←          〃          2番目〃
        COMMON  0,4,ABESHI          ← 2番目のCOMMONブロックの最初の要素
        RET
INIT    ENDP
CODE    ENDS
        END


                  MS-FORTRAN部
C
C   名前付きＣＯＭＭＯＮブロック  サンプルプログラム
C
      CHARACTER*22 HIDEBU,TAWABA,ABESHI
      COMMON /COM1/HIDEBU,TAWABA
      COMMON /COM2/ABESHI
C
      HIDEBU='You have already died.'
      TAWABA='You have already died.'
      ABESHI='You have already died.'
C
      WRITE(*,*)HIDEBU
      WRITE(*,*)TAWABA
      WRITE(*,*)ABESHI
        CALL INIT
      WRITE(*,*)HIDEBU
      WRITE(*,*)TAWABA
      WRITE(*,*)ABESHI
C
      STOP
      END
```

オブジェクト・ファイルや，MS-FORTRANなどの他の高級言語によりコンパイルされたオブジェクト・ファイルはそのままでは実行できません．オブジェクト・ファイルを他のオブジェクトやライブラリ(特にFORTRANなどのコンパイラは入出力関係や関数などのサブルーチンをライブラリとして持っています)と結合させたりして，実行可能なファイルを生成する必要があります．そのためのユーティリティとしてMS-DOSには，MS-LINK(リンカ)が付いています．オブジェクト・ファイルを，MS-LINKでリンクすることで初めて実行可能なファイルができます．図4-1は，リンカの働きを模式的に表したものです．

4-1 リンカMS-LINKによるセグメントの配置

MASMは，ＳＥＧＭＥＮＴ擬似のアライメント，組み合わせ，クラスにより，リンカにセグメントの結合，配置に関する情報を渡します．

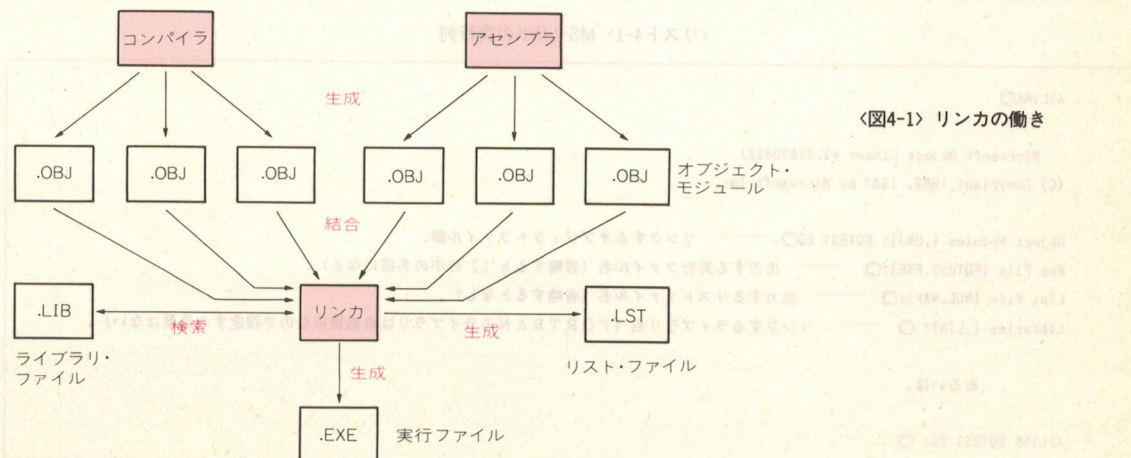
①アライメント

アライメントは，セグメント(ＳＥＧＭＥＮＴ擬似命令によって指定された64Kバイト以内の連続した領域)をメモリ上のどのアドレスから開始するかをリンカに告げます．アライメントには以下の４種類があります．

- ＢＹＴＥ：セグメントはメモリのどのバイトからでも開始できる．
- ＷＯＲＤ：セグメントはメモリの偶数アドレスから開始される．
- ＰＡＲＡ：セグメントは下位４ビットが０のアドレスから開始される．
- ＰＡＧＥ：セグメントは下位バイトが０のアドレスから開始される．

ここでMS-FORTRANやPC-FORTRANではセグメントはPARAに配置されることに注意してください．

②組み合わせ

組み合わせは，特定のクラス名を持つセグメントの

〈図4-1〉 リンカの働き

配置方法をリンカに告げます．MS-LINKでは以下の4種類を扱います．

指定なし(PRIVATE)：セグメントは個別にロードされます．各セグメントが同じ名前，クラス名を持っている場合も，隣接してロードされますが，各セグメントは個別のベース・アドレスを持っています．

PUBLIC：同じ名前，クラス名のセグメントは隣接してロードされ，ベース・アドレスも1つです．オフセットはロードされた最初のセグメントから，ロードされた最後のセグメントまでです．

STACK：基本的にPUBLICと同じです．ただし，この指定をすると，ロードされた最後のセグメントの最後にスタック・ポインタが設定されます．これはスタック・セグメント用に使います．

COMMON：同じ名前，クラス名を持つセグメントをオーバラップしてロードします．当然，ベース・アドレスは一つです．長さは最長セグメントの長さになります．

③クラス

同じクラス名を持つセグメントは連続してロードされます(違うセグメント名でも)．MS-LINKはオブジェクト・ファイル内でセグメントに出会った順番にロードします．

4-2　MS-LINKの実行方法

MS-LINKは，リスト4-1で示すようにLINKを実行後にそれぞれのプロンプトに対して，必要な入力を与えることで実行できます．

コマンド・キャラクタとして，「；(セミコロン)」と「CTRL－C」の他に，「＋(プラス)」が使えます．「＋」は，オブジェクト・モジュールとライブラリのプロンプトのところで使えます．「＋」は，入力の区切りとして使う他に，入力の終わりに付けるとプロンプトが繰り返されるので，入力を数回に分けることができます．

FORTRANとアセンブラのプログラムとをリンクするときは，オブジェクト・モジュールの入力の際にはFORTRANのモジュールを先頭にして入力してください．さもないとセグメントの順序に狂いが生じることがあります．ただし，そのモジュールはメイン・モジュールである必要はありません．

4-3　MS-LIB(ライブラリ・マネージャ)

多くのプログラムで共通して使われる汎用性のあるサブルーチンは，ライブラリとしておけば便利です．また，特定のプログラムに対して専用のライブラリを作っておけば，リンクの速度も効率良くプログラムが開発できます．このためのユーティリティとして，MS-DOSにはMS-LIBが用意されています．

これを使えば，オブジェクト・ファイル単位にモジュール(ここでのモジュールは，オブジェクト・ファイルからドライブの指定子および拡張子を取り除いた部分のことで，オブジェクト・ファイル中の外部参照宣言されたプログラム・コード群からなっている)のライブラリへの追加，削除が容易にできます．MS-LIBには，必要最低限の機能しかついていませんが，通常はこれで十分だと思います．以下にMS-LIBの機能をまとめます．

① 新しいライブラリを作成できる．
② ライブラリへ新しいオブジェクト・ファイルをモジュールとして追加できる．

〈リスト4-1〉MS-LINKの実行列

```
A>LINK⏎

   Microsoft Object Linker V2.2(830822)
(C) Copyright 1982, 1983 by Microsoft Inc.

Object Modules [.OBJ]: EQTEST EQ⏎ ―― リンクするオブジェクトファイル群．
Run File [EQTEST.EXE]:⏎ ―― 出力する実行ファイル名（省略すると［］の中の名前になる）．
List File [NUL.MAP]:⏎ ―― 出力するリストファイル名（省略するとなし）．
Libraries [.LIB]: ⏎ ―― リンクするライブラリ名（FORTRANのライブラリは自動検索なので指定する必要はない）．

        あるいは，

A>LINK EQTEST EQ; ⏎
```

〈リスト4-2〉MS-LIBの実行列

```
A)LIB ⏎
Library file:GRAPH⏎ ―― ①                 .LIB
Operation:+NEGA-CLCOPY*PORT ⏎ ―― ②       .OBJ   拡張子
List file:GRAPH.LST ⏎ ―― ③
```

それぞれの入力に際しては，右側に示した拡張子が自動的に決定される．

①ライブラリ名を入力する．新規のライブラリ名を入力した場合には，次に表示される

Library file dose not exist. Create?

に対して，Yを入力すればよい．

②オブジェクトファイル名（ライブラリ中ではモジュール名）にコマンドキャラクタを付加して入力する．

③ライブラリ中のモジュールの外部参照シンボルのリスティングファイルが必要なときに入力する．

③ ライブラリから不必要なモジュールを削除できる．

④ ライブラリからモジュールを引き出して，そのモジュールにしたがってオブジェクト・ファイルを作成できる．

⑤ リスティング・ファイルを作成できる．

MS-LIBは，リスト4-2に示すように，LIBを実行後にそれぞれのプロンプトに対して必要な入力を与えることで実行できます．

表4-1に，コマンド・キャラクタの種類と意味についてまとめました．

リスト4-2では，ライブラリGRAPH.LIBに新規のオブジェクト・ファイルNEGA.OBJを加え，GRAPH.LIBのモジュールCLCOPYを削除し，またモジュールPORTを抜き出しPORT.OBJなるオブジェクト・ファイルを作成することになります．また，例えばライブラリから元のモジュールを削除し，新規の同じ名前のモジュールを追加すると

〈表4-1〉コマンド・キャラクタの意味

コマンド・キャラクタ	意味
+	次のオブジェクト・ファイルをモジュールとしてライブラリに追加する．
−	次のモジュールをライブラリから削除する．
*	次のモジュールをライブラリから抜き出し，オブジェクト・ファイルとして作成する．
&	コマンドが長くなるときに，モジュール，あるいはオブジェクト・ファイルの後に付けて入力するとプロンプトが繰り返されるので，コマンドを数回に分けて入力できるようになる．

き(モジュールを更新するとき)には②において，次のようにします．

−NEGA+NEGA⏎

③は，ライブラリ中のモジュールのPUBLICシンボルのリスティング・ファイルが必要なときに入力してください．GRAPH．LSTという名前のリスティング・ファイルが生成されます．必要なければリターンのみ入力してください．

他の実行方法として，次のようにしてもかまいません．

> LIB 〈ライブラリ〉〈オペレーション〉，〈リスティング〉

例えば，前の例と同じ処理を行うには，

> LIB GRAPH+NEGA−CLCOPY *PORT，GRAPH．LST⏎

と入力してください．コマンド・キャラクタは前と同様に使用できます．

5 MS-FORTRANで使えるユーティリティ

それでは，これまで説明してきたことの集大成として，MS-FORTRANで使えるグラフィックス，ハード・コピー，およびその他のユーティリティ・ライブラリを作成してみましょう．

5-1 GRAPH.LIBの作り方

まず，**リスト5-1～リスト5-8**を適当な名前で(例えばそれぞれ，GRAPH.ASM，CLCOPY.ASM，DIT5.ASM，DIT8.ASM，NEGA.ASM，MEMORY.ASM，MSSYS.ASM，BIT.ASM)，エディタ(EDLINなど)で入力します．ファイル名拡張子は必ずASMとしてください．入力したソース・ファイルをMASMで以下のようにそれぞれアセンブルします．

```
A> MASM GRAPH;⏎
A> MASM CLCOPY;⏎
      ⟨
A> MASM BIT;⏎
```

できたオブジェクト・ファイル群をMS-LIBでGRAPH.LIBというライブラリにします．

```
A> LIB GRAPH⏎
Library file dose not
  exist. Create?Y⏎
Operation:+GRAPH+CLCOP
  Y+DIT5+DIT8&⏎
Operation:+NEGA+MEMOR
  Y+MSSYS+BIT⏎
List file:GRAPH.LST⏎
```

これによって，GRAPH.LIB，GRAPH.LST(リスティング・ファイル)が生成されます．

GRAPH.LIBではグラフィック関係のルーチンにグラフィックLIOを使用しています．

これら**リスト5-1**から**リスト5-8**までは，単独でもライブラリとして使えます．ライブラリ中で用いられる引数は大部分2バイト整数ですが，ほとんどの場合は4バイト整数を使っても大丈夫です(一部異常動作するものがあります)．

GRAPH.LIBは，PC-FORTRANでも使える場合がありますが，なるべく使わないでください．PC-FORTRANではデータ部などの構造がMS-FORTRANとはまるで違うからです(DGROUPなるGROUPはありません)．ただし，一部リストを変更すれば動きます(DGROUPをとり，DSにDATAのセグメントを入れる)．

ハード・コピー関係のルーチンは，PC-PR201CL用に作りました．他の機種でもリストを部分的に変更すれば動くと思います．

今回のGRAPH.LIBは，グラフLIOを使用したため，速度的にはN_{88}BASICとほとんど変わりません．GDCを直接使用すれば，もっと速くかつ細かい制御ができます．余力のある人はやってみてください．

◆参考文献◆

(1) NEC，MS-DOS2.0各種マニュアル．
(2) MICROSOFT，MS-FORTRAN USER'S GUIDE．
(3) NEC，日本語PC-FORTRAN SOFTWARE LIBRARYユーザーズマニュアル．
(4) NEC，PC-PR201CL日本語カラーシリアルプリンタ，USER'S MANUAL．
(5) 白田耕作；PC-98用拡張システム・コール詳説，インターフェース，1985年4月号，pp.22～39，CQ出版社．
(6) 別冊トランジスタ技術，ソフトマインドC on the PC98，1985年，pp.175～199，CQ出版社．

〈リスト5-1〉グラフィック・サブルーチン

```
  1: COMMENT *
  2:GRAPHICSUBROUTINE
  3:    FOR PC-9801
  4: *
  5: DGROUP  GROUP   DATA
  6: ;
  7: CODE    SEGMENT 'CODE'
  8:        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
  9: ;
 10: OFSET  MACRO   PDA,SETD
 11:        MOV     SI,OFFSETDS:PDA
 12:        SUB     SI,BX
 13:        MOV     SETD,SI
 14:        ENDM
 15: ;
 16: ;
 17:        PUBLIC  GINIT
 18: GINIT  PROC    FAR
 19:        CLI
 20:        PUSH    DS
 21:        MOV     CX,16
 22:        CLD
 23:        MOV     AX,0F990H
 24:        MOV     DS,AX
 25:        XOR     AX,AX
 26:        MOV     ES,AX
 27:        MOV     SI,6
 28:        MOV     DI,0A0H*4
 29: SET_VECTOR:                        ←割り込みベクタの設定
 30:        MOVSW
 31:        MOV     AX,0F990H
 32:        STOSW
 33:        ADD     SI,2
 34:        LOOP    SET_VECTOR
 35:        MOV     DI,0CEH*4
 36:        MOVSW
 37:        MOV     AX,0F990H
 38:        STOSW
 39: ;
 40:        MOV     DI,0C5H*4
 41:        MOV     AX,OFFSETSTOP_CHECK
 42:        STOSW
 43:        MOV     ES:[DI],CS
 44: ;
 45:        POP     DS
 46:        STI
 47: ;
 48:        MOV     AX,DS
 49:        MOV     BX,OFFSETDS:LIO_WORK
 50:        REPT    4
 51:        SHR     BX,1
 52:        ENDM
 53:        ADD     AX,BX
 54:        MOV     DS_LIO,AX
 55: ;
 56:        MOV     BX,OFFSETDS:LIO_WORK
 57:        OFSET   SCREEN_D,SC_LIO
 58:        OFSET   PARAMETER,PA_LIO
 59:        OFSET   WORK_START,WS_LIO
 60:        OFSET   WORK_END,WE_LIO
 61: ;
 62:        PUSH    DS
 63: ;
 64:        MOV     AX,DS_LIO
 65:        MOV     DS,AX
 66:        INT     0A0H          ←システム・コール(グラフＬＩＯの初期化)
 67:        POP     DS
 68:        MOV     BX,SC_LIO
 69:        PUSH    DS
 70:        MOV     AX,DS_LIO
 71:        MOV     DS,AX
 72:        MOV     WORD PTR [BX],0003H
 73:        MOV     [BX+2],0100H
 74:        INT     0A1H          ←SCREEN 3,0,0,1
 75:        INT     0A5H          ←グラフィック画面の消去
 76: ;
 77:        POP     DS
 78:        RET
 79: ;
 80: STOP_CHECK:
 81:        IRET
 82: ;
 83: GINIT  ENDP
 84: ;
 85: ;
 86: ;
 87: INIT   MACRO   DATA_D
 88:        PUSH    BP
 89:        MOV     BP,SP
 90:        MOV     BX,OFFSETDS:DATA_D
 91:        ENDM
 92: ;
 93: INIT_NO MACRO
 94:        PUSH    BP
 95:        MOV     BP,SP
 96:        ENDM
 97: ;
 98: SUFB   MACRO   SB1,SB2
 99:        LES     SI,SB1[BP]
100:        MOV     AX,ES:[SI]
```

（48〜54行）グラフＬＩＯを使用するときは，ワーク・エリアを確保しなければならないが，グラフＬＩＯはその先頭アドレスを，セグメントＤＳ，オフセット０として参照する．そのためのＤＳをここで計算する．

（56〜60行）オフセットを計算する．

GINIT（グラフィックの初期化）

グラフィックＬＩＯの初期化を行う．グラフＬＩＯを使用する際には必ず最初にコールする必要がある．実行することで次のように設定される．

▶画面モードはSCREEN(3,0,0,1)（ＳＣＲＥＥＮの項を参照）に設定される．
▶ビューポートはアクティブ画面全体に設定される．
▶画面は消去される．

```
101:      MOV    BYTE PTR SB2[BX],AL
102:      ENDM
103: ;
104: SUFW   MACRO   SW1,SW2
105:      LES     SI,SW1[BP]
106:      MOV     AX,ES:[SI]
107:      MOV     SW2[BX],AX
108:      ENDM
109: ;
110: FIN     MACRO   EN,RN
111:      PUSH    DS
112:      MOV     BX,PA_LIO
113:      MOV     AX,DS_LIO
114:      MOV     DS,AX
115: ;
116:      INT     EN
117: ;
118:      POP     DS
119:      POP     BP
120:      RET     RN
121:      ENDM
122: ;
123:      PUBLIC  SCREEN
124: SCREEN  PROC    FAR
125:      INIT    SCREEN_D
126:      SUFB    18,0      ┐
127:      SUFB    14,1      │ 引数のセット
128:      SUFB    10,2      │
129:      SUFB    6,3       ┘
130: ;
131:      PUSH    DS
132:      MOV     BX,SC_LIO
133:      MOV     AX,DS_LIO
134:      MOV     DS,AX
135: ;
136:      INT     0A1H      ←システム・コール
137: ;
138:      POP     DS
139:      POP     BP
140:      RET     16
141: SCREEN  ENDP
142: ;
143:      PUBLIC  VIEW
144: VIEW    PROC    FAR
145:      INIT    PARAMETER
146:      SUFW    26,0
147:      SUFW    22,2
148:      SUFW    18,4
149:      SUFW    14,6
150:      SUFB    10,8
151:      SUFB    6,9
152:      FIN     0A2H,24   ←システム・コール INT 0A2H
153: VIEW    ENDP
154: ;
155:      PUBLIC  CLS3
156: CLS3    PROC    FAR
157:      PUSH    BP
158:      CALL    FAR PTR CLS    ┐ CLS, GCLSをFARコール
159:      CALL    FAR PTR GCLS   ┘
160:      POP     BP
161:      RET
162: CLS3    ENDP
163: ;
164:      PUBLIC  GCLS
165: GCLS    PROC    FAR
166:      INIT_NO
167:      FIN     0A5H,0
168: GCLS    ENDP
169: ;
170: ;
171:      PUBLIC  CLS
172: CLS     PROC    FAR       ←独立して使用する
173:      PUSH    BP
174:      CLD
175:      MOV     AX,0A000H
176:      MOV     ES,AX
177:      MOV     DI,0
178:      MOV     CX,0FA0H/2
179:      XOR     AX,AX
180:      REP     STOSW
181: ;
182:      MOV     DI,2000H
183:      MOV     CX,0FA0H/2
184:      XOR     AX,AX
185:      REP     STOSW
186: ;
187:      POP     BP
188:      RET
189: CLS     ENDP
190: ;
191:      PUBLIC  PSET
192: PSET    PROC    FAR
193:      INIT    PARAMETER
194:      SUFW    14,0
195:      SUFW    10,2
196:      SUFB    6,4
197:      FIN     0A6H,12
198: PSET    ENDP
199: ;
200:      PUBLIC  LINE
```

SCREEN(スクリーンの設定)

画面モード,画面スイッチ,アクティブ画面,ディスプレイ画面を設定する.

引数
- I:画面モード
- J:画面スイッチ
- K:アクティブ画面
- L:ディスプレイ画面

このルーチンの呼び出しによって,アクティブ画面内の描画領域(ビューポート)はアクティブ画面全体となる.また,各パラメータの詳細および画面合成の可否についてはPC-9801のマニュアルを参照のこと.

VIEW(ビューポートの設定)

CALL VIEW(I1, J1, I2, J2, IC1, IC2)

アクティブ画面内の描画領域(ビューポート)を指定する.またビューポート内の塗りつぶし,外枠の描画を行う.
(I1, J1)−(I2, J2)を対角線とする領域をビューポートとする.

引数
- IC1:ビューポート内を塗りつぶす色
- IC2:ビューポートの外枠の色

消去

- GCLS :ビューポート内のグラフィック画面の消去
- CLS :テキスト画面の消去
- CLS3 :グラフィックとテキスト画面の消去

PSET(点を打つ)

CALL PSET(I, J, IC)

指定の座標にICの色で点を打つ.

引数
- I :X座標
- J :Y座標
- IC:描画色

LINE(線を引く)

CALL LINE(I1, J1, I2, J2, IC)

(I1, J1)から(I2, J2)までICの色で線を引く.

```
201: LINE    PROC     FAR
202:         INIT     PARAMETER
203:         SUFW     22,0
204:         SUFW     18,2
205:         SUFW     14,4
206:         SUFW     10,6
207:         SUFB     6,8
208:         MOV      WORD PTR 9[BX],0000H
209:         FIN      0A7H,20
210: LINE    ENDP
211: ;
212:         PUBLIC   BOX
213: BOX     PROC     FAR
214:         INIT     PARAMETER
215:         SUFW     22,0
216:         SUFW     18,2
217:         SUFW     14,4
218:         SUFW     10,6
219:         SUFB     6,8
220:         MOV      WORD PTR 9[BX],0001H
221:         FIN      0A7H,20
222: BOX     ENDP
223: ;
224:         PUBLIC   BOXF
225: BOXF    PROC     FAR
226:         INIT     PARAMETER
227:         SUFW     26,0
228:         SUFW     22,2
229:         SUFW     18,4
230:         SUFW     14,6
231:         SUFB     10,8
232:         MOV      9[BX],0102H
233:         SUFB     6,11
234:         FIN      0A7H,24
235: BOXF    ENDP
236: ;
237:         PUBLIC   CIRCLE
238: CIRCLE  PROC     FAR
239:         INIT     PARAMETER
240:         SUFW     42,0
241:         SUFW     38,2
242:         SUFW     34,4
243:         SUFW     30,6
244:         SUFB     26,8
245:         SUFB     22,9
246:         SUFW     18,10
247:         SUFW     14,12
248:         SUFW     10,14
249:         SUFW     6,16
250:         FIN      0A8H,40
251: CIRCLE  ENDP
252: ;
253:         PUBLIC   PAINT
254: PAINT   PROC     FAR
255:         INIT     PARAMETER
256:         SUFW     18,0
257:         SUFW     14,2
258:         SUFB     10,4
259:         SUFB     6,5
260:         MOV      AX,WE_LIO
261:         MOV      6[BX],AX
262:         MOV      AX,WS_LIO
263:         MOV      8[BX],AX
264:         FIN      0A9H,16
265: PAINT   ENDP
266: ;
267:         PUBLIC   TILEP
268: TILEP   PROC     FAR
269:         INIT     PARAMETER
270:         SUFW     22,0
271:         SUFW     18,2
272:         SUFB     14,10
273:         MOV      AX,OFFSETDS:TILE_D
274:         MOV      6[BX],AX
275:         MOV      AX,WE_LIO
276:         MOV      16[BX],AX
277:         MOV      AX,WS_LIO
278:         MOV      18[BX],AX
279:         LES      SI,6[BP]
280:         MOV      AX,ES:[SI]
281:         MOV      CX,AX
282:         SHL      AX,1
283:         ADD      AX,CX
284:         MOV      BYTE PTR 5[BX],AL
285:         MOV      8[BX],DS
286:         PUSH     BX
287:         LES      SI,10[BP]
288:         MOV      BX,OFFSETDS:TILE_D
289: T_LOOP:
290:         MOV      AX,ES:[SI]
291:         MOV      BYTE PTR 1[BX],AH
292:         MOV      BYTE PTR 2[BX],AL
293:         MOV      AX,ES:2[SI]
294:         MOV      BYTE PTR [BX],AL
295:         ADD      SI,4
296:         ADD      BX,3
297:         LOOP     T_LOOP
298:         POP      BX
299:         FIN      0AAH,20
300: TILEP   ENDP
```

BOX(箱を描く)

CALL BOX(I1, J1, I2, J2, IC)

(I1, J1)−(I2, J2)を対角線とする四角形をICの色で描く.

BOXF(箱を塗りつぶす)

CALL BOXF(I1, J1, I2, J2, IC1, IC2)

(I1, J1)−(I2, J2)を対角線とする四角形をIC1の色で描き, 内部をIC2の色で塗りつぶす.

CIRCLE(楕円または円を描く)

CALL CIRCLE(I,J,IRX,IRY,IC,IF,ISX,ISY,IEX,IEY)

中心点(I, J), X方向半径IRX, Y方向半径IRY, ICの色で, 楕円または円の一部, または全部を描く.

引数
- LF : フラグ(bn : nビット)
- b0 : 開始点指示の有無(0 : 無, 1 : 有)
- b1 : 開始線分指示の有無(0 : 無, 1 : 有)
- b2 : 終了点指示の有無(0 : 無, 1 : 有)
- b3 : 終了線分指示の有無(0 : 無, 1 : 有)
- b4 : 開始点, 終了点一致の時の描画方法指定(0 : 全楕円を描画, 1 : 1点(一致点)のみ描画)
- b5〜b7 : 未使用

PAINT(ペイント)

CALL PAINT(I, J, IC1, IC2)

指定した開始点(I, J)と境界色IC2で決定される領域をIC1の色で塗りつぶす.

TILEP(タイリング・ペイント)

CALL TILEP(I,J, IC, ITL, ID)

指定した点(I,J)と境界色ICで決定される領域を指定のタイル・パターンITLで塗りつぶす.

引数
- I : 開始点のX座標
- J : 開始点のY座標
- IC : 境界色
- ITL : タイル・パターン(4バイト整数)
- ID : タイル・パターンの繰り返し数
  - ITLは4バイト整数
  - IDは最大10までとれる

```
301: ;
302:         PUBLIC  GET
303: GET         PROC    FAR
304:         INIT    PARAMETER
305:         SUFW    22,0
306:         SUFW    18,2
307:         SUFW    14,4
308:         SUFW    10,6
309:         LES     SI,6[BP]
310:         MOV     8[BX],SI
311:         MOV     10[BX],ES
312: ;
313:         MOV     AX,4[BX]
314:         SUB     AX,[BX]
315:         PUSH    BX
316:         ADD     AX,8
317:         XOR     DX,DX
318:         MOV     BX,8
319:         DIV     BX
320:         POP     BX
321:         MOV     DX,AX
322:         MOV     AX,6[BX]
323:         SUB     AX,2[BX]
324:         INC     AX
325:         PUSH    BX
326:         MOV     CL,BYTE PTR SCREEN_D
327:         CMP     CL,0
328:         JE      COL1
329:         CMP     CL,1
330:         JE      COL2
331:         CMP     CL,2
332:         JE      COL2
333: COL1:
334:         MOV     BX,AX
335:         SHL     AX,1
336:         ADD     BX,AX
337: COL2:
338:         MOV     AX,DX
339:         MUL     BX
340:         ADD     AX,4
341:         POP     BX
342:         MOV     12[BX],AX
343:         FIN     0ABH,20
344: GET         ENDP
345: ;
346:         PUBLIC  PUT
347: PUT         PROC    FAR
348:         INIT    PARAMETER
349:         SUFW    30,0
350:         SUFW    26,2
```

（313～343行）データ格納領域の計算　AX←

GET（画面情報を配列へ格納する）

CALL GET(IX1, IY1, IX2, IY2, I)

(IX1,IY1)−(IX2,IY2)を対角線とする領域の画面情報を配列に格納する。

引数
- IX1：左上のX座標
- IY1：左上のY座標
- IX2：右下のX座標
- IY2：右下のY座標
- I：格納する配列（2バイト整数）

配列の大きさは，(((IX2−IX1＋8)/8)＊(IY2−IY1＋1)＊N＋4)/2＋1以上でなければならない。ここでNは，画面モードがカラーのとき3でモノクロのときは1である。

```
351:         SUFB    18,10
352:         SUFB    14,11
353:         SUFB    10,12
354:         SUFB    6,13
355:         LES     SI,22[BP]
356:         MOV     4[BX],SI
357:         MOV     6[BX],ES
358:         MOV     AX,ES:[SI]
359:         PUSH    BX
360:         ADD     AX,7
361:         XOR     DX,DX
362:         MOV     BX,8
363:         DIV     BX
364:         MOV     BX,ES:2[SI]
365:         MUL     BX
366:         MOV     CL,BYTE PTR SCREEN_D
367:         CMP     CL,0
368:         JE      COL1_P
369:         CMP     CL,1
370:         JE      COL2_P
371:         CMP     CL,2
372:         JE      COL2_P
373: COL1_P:
374:         MOV     BX,AX
375:         SHL     AX,1
376:         ADD     AX,BX
377: COL2_P:
378:         ADD     AX,4
379:         POP     BX
380:         MOV     8[BX],AX
381:         FIN     0ACH,28
382: PUT         ENDP
383: ;
384:         PUBLIC  KPUT
385: KPUT        PROC    FAR
386:         INIT    PARAMETER
387:         SUFW    26,0
388:         SUFW    22,2
389:         SUFW    18,4
390:         SUFB    14,8
391:         SUFB    10,9
392:         SUFB    6,6
393:         MOV     BYTE PTR 7[BX],1
394:         FIN     0ADH,24
395: KPUT        ENDP
396: ;
397:         PUBLIC  ROLL
398: ROLL        PROC    FAR
399:         INIT    PARAMETER
400:         SUFW    10,0
```

PUT（配列へ格納した画面情報に描画する）

CALL PUT(IX, IY, I, M, S, IFC, IBC)

配列へ格納した画面情報を画面に描画する。

引数
- IX：描画する左上のX座標
- IY：描画する左上のY座標
- I：画面情報を格納してある配列
- M：描画モード
- IS：カラー・スイッチ
- IFC：フォア・グラウンド・カラー
- IBC：バック・グラウンド・カラー

描画モード
- M＝0：PSET
- M＝1：NOT
- M＝2：OR
- M＝3：AND
- M＝4：XOR

KPUT（グラフィック画面に日本語を描画する）

CALL KPUT(I, J, K, IC1, IC2, M)

グラフィック画面に日本語を描画する。

引数
- I：描画する日本語の左上のX座標
- J：描画する日本語の左上のY座標
- K：漢字コード
- IC1：文字の色
- IC2：文字以外の部分の色
- M：描画モード

描画モードはPUTを参照のこと。文字はビューポート内にすべて入らなければならない。

ROLL（画面スクロール）

CALL ROLL(I, J)

画面全体を指定ドット数だけ上下左右に移動させる。

引数
- I：上下方向のスクロール・ドット数
- J：左右方向のスクロール・ドット数

Iが正の場合には，上方向，負の場合には下方向，Jが正の場合には左方向，負の場合には右方向にスクロールさせる。
Iの範囲は，標準解像度で，−199～199
専用高解像度で，−399～399。
Jの範囲は，−639～639。

Jは8の倍数である。8の倍数でないときはその絶対値以下で最も近い8の倍数部だけスクロールさせる。

```
401:        SUFW     6,2
402:        MOV      BYTE PTR 4[BX],00H
403:        FIN      0AEH,8
404: ROLL   ENDP
405: ;
406:        PUBLIC  IPOINT
407: IPOINT  PROC     FAR
408:        INIT     PARAMETER
409:        SUFW     10,0
410:        SUFW     6,2
411: ;
412:        PUSH     DS
413:        MOV      BX,PA_LIO
414:        MOV      AX,DS_LIO
415:        MOV      DS,AX
416: ;
417:        INT      0AFH
418: ;
419:        POP      DS
420:        XOR      AH,AH
421:        XOR      DX,DX
422:        POP      BP
423:        RET      8
424: ;
425: IPOINT  ENDP
426: ;
427: MODE   MACRO    NA,RS
428: LOCAL  LOP
429:        PUSH     CX
430:        PUSH     BX
431:        MOV      BX,OFFSETDS:NA
432:        MOV      CX,RS
433: LOP:
434:        PUSH     CX
435:        MOV      CL,[BX]
436:        CALL     LPRINT
437:        INC      BX
438:        POP      CX
439:        LOOP     LOP
440:        POP      BX
441:        POP      CX
442:        ENDM
443: ;
444:        PUBLIC  TCOPY
445: TCOPY   PROC     FAR
446:        PUSH     BP
447: ;
448:        MOV      YL,0
449:        MODE     PRINTI2,5
450: LOOP_YLT:
451:        CALL     TCOPY_R
452:        MOV      CL,LF
453:        CALL     LPRINT
454: ;
455:        INC      YL
456:        CMP      YL,50
457:        JB       LOOP_YLT
458: ;
459:        MODE     PREND,5
460: ;
461:        POP      BP
462:        RET
463: TCOPY   ENDP
464: ;
465: ;
466:        PUBLIC  COPY
467: COPY    PROC     FAR
468:        PUSH     BP
469:        MOV      BP,SP
470: ;
471:        LES      SI,6[BP]
472:        MOV      AX,ES:[SI]
473:        MOV      BYTE PTR CFLAG,AL
474: ;
475:        MOV      YL,0
476:        MODE     PRINTI1,5
477:        MODE     COPYM,2
478: LOOP_YL:
479:        CMP      BYTE PTR CFLAG,0
480:        JE       C_SKIP
481:        CALL     TCOPY_R
482: C_SKIP:
483:        MOV      XL,0
484:        MODE     BIT8,6
485: LOOP_XL:
486:        CALL     GC
487:        CALL     LPB8
488:        INC      XL
489:        CMP      XL,80
490:        JB       LOOP_XL
491: ;
492:        MOV      CL,CR
493:        CALL     LPRINT
494:        MOV      CL,LF
495:        CALL     LPRINT
496: ;
497:        INC      YL
498:        CMP      YL,50
499:        JB       LOOP_YL
500: ;
```

IPOINT（ドット情報を取り出す）

IC=IPOINT(I, J)

指定位置(I, J)のドット情報を取り出す．ICにドット情報が入る．ICはカラー・モード時はその色が入り，モノクロ・モード時では白の時１，黒の時は０になる．

これよりハード・コピー・ルーチン
←プリンタのモードの設定

TCOPY

テキスト画面のハード・コピーを取る．

COPY

CALL COPY(I)

グラフィック画面のみ，あるいはテキスト画面と合成してハード・コピーをとる．

I：０の時グラフィック画面のハード・コピー．１の時テキスト画面と合成したハード・コピー．

グラフィック画面の１ドットをプリンタの２ビット（１×２）として，横方向には１ビットずつスキップする．

DCOPY

CALL DCOPY(I)

グラフィック画面のみ，あるいはテキスト画面と合成してハード・コピーをとる．
IはCOPYと同じ．

グラフィック画面の１ドットをプリンタの４ビット（２×２）とする．

〈リスト5-1〉グラフィック・サブルーチン(つづき)

```
501:        MODE    COPYN,2
502:        MODE    PREND,5
503: ;        MODE    KPOFF,2
504: ;
505:        POP     BP
506:        RET     4
507: COPY   ENDP
508: ;
509:        PUBLIC  DCOPY
510: DCOPY  PROC    FAR
511:        PUSH    BP
512:        MOV     BP,SP
513: ;
514:        LES     SI,6[BP]
515:        MOV     AX,ES:[SI]
516:        MOV     BYTE PTR CFLAG,AL
517: ;
518:        MOV     YL,0
519:        MODE    PRINTI2,5
520: LOOP_YLD:
521:        CMP     BYTE PTR CFLAG,0
522:        JE      C_SKIPD
523: ;        MODE    KPON,2
524:        CALL    TCOPY_R
525: C_SKIPD:
526:        MOV     XL,0
527:        MODE    BITD,6
528: LOOP_XLD:
529:        CALL    GC
530:        CALL    TRL
531:        CALL    LPB16
532:        INC     XL
533:        CMP     XL,80
534:        JB      LOOP_XLD
535: ;
536:        MOV     CL,CR
537:        CALL    LPRINT
538:        MOV     CL,LF
539:        CALL    LPRINT
540: ;
541:        INC     YL
542:        CMP     YL,50
543:        JB      LOOP_YLD
544: ;
545:        MODE    PREND,5
546: ;        MODE    KPOFF,2
547: ;
548:        POP     BP
549:        RET     4
550: DCOPY  ENDP
551: ;
552: TRL    PROC    NEAR              ←データを倍密用に変える．NEARは省略可
553:        MOV     SI,OFFSETDS:BITD8
554:        MOV     DI,OFFSETDS:BITD16
555:        MOV     CX,8
556: T_LOOP3:
557:        PUSH    CX
558:        MOV     AL,[SI]
559:        MOV     CX,2
560: T_LOOP2:
561:        PUSH    CX
562:        XOR     BL,BL
563:        MOV     DL,1
564:        MOV     CX,4
565: TR_LOOP:
566:        TEST    AL,01H
567:        JE      SK_TR
568:        ADD     BL,DL
569:        SHL     DL,1
570:        ADD     BL,DL
571:        SHL     DL,1
572:        JMP     LP_T
573: SK_TR:
574:        SHL     DL,1
575:        SHL     DL,1
576: LP_T:
577:        SHR     AL,1
578:        LOOP    TR_LOOP
579:        MOV     [DI],BL
580:        INC     DI
581:        POP     CX
582:        LOOP    T_LOOP2
583:        INC     SI
584:        POP     CX
585:        LOOP    T_LOOP3
586:        RET
587: TRL    ENDP
588: ;
589: ;
590: GC     PROC    NEAR              ←グラフＬ１０のシステム・コール（ハード・
591:        MOV     AX,XL               コピー）画面のデータをプリンタ用のデー
592:        MOV     BX,8                タに変更する
593:        MUL     BX
594:        PUSH    AX
595: ;
596:        MOV     AX,YL
597:        MOV     BX,8
598:        MUL     BX
599:        PUSH    AX
600: ;
```

```
601:        MOV     AX,DS
602:        MOV     ES,AX
603: ;
604:        POP     BX
605:        POP     AX
606: ;
607:        MOV     CL,8
608:        MOV     CH,8
609:        MOV     DI,OFFSETDS:BITD8
610: ;
611:        PUSH    DS
612:        MOV     DX,DS_LIO
613:        MOV     DS,DX
614:        INT     0CEH
615:        POP     DS
616: ;
617:        RET
618: GC      ENDP
619: ;
620: LPB8    PROC    NEAR          ←プリンタにデータを転送
621:        MOV     BX,OFFSETDS:BITD8
622:        MOV     CX,8
623: LOOPL:
624:        PUSH    CX
625:        MOV     CL,[BX]
626:        CALL    LPRINT
627:        INC     BX
628:        POP     CX
629:        LOOP    LOOPL
630:        RET
631: LPB8    ENDP
632: ;
633: LPB16   PROC    NEAR          ←プリンタにデータを転送
634:        MOV     BX,OFFSETDS:BITD16
635:        MOV     CX,8
636: LOOPL16:
637:        PUSH    CX
638:        MOV     CL,[BX]
639:        MOV     CH,CL
640:        CALL    LPRINT
641:        INC     BX
642:        MOV     CL,[BX]
643:        MOV     DH,CL
644:        CALL    LPRINT
645:        MOV     CL,CH
646:        CALL    LPRINT
647:        MOV     CL,DH
648:        CALL    LPRINT
649:        INC     BX
650:        POP     CX
651:        LOOP    LOOPL16
652:        RET
653: LPB16   ENDP
654: ;
655:        PUBLIC  SCOPY
656: SCOPY   PROC    FAR
657:        PUSH    BP
658: ;
659:        MOV     YL,0
660:        MODE    PRINTI2,5
661: LOOP_YL1:
662:        MOV     XL,0
663:        MODE    BIT16,6
664: LOOP_XL1:
665:        CALL    GC_1
666:        CALL    LPB8_1
667:        INC     XL
668:        CMP     XL,80
669:        JB      LOOP_XL1
670: ;
671:        MOV     CL,CR
672:        CALL    LPRINT
673:        MOV     CL,LF
674:        CALL    LPRINT
675: ;
676:        INC     YL
677:        CMP     YL,25
678:        JB      LOOP_YL1
679: ;
680:        MODE    PREND,5
681: ;
682:        POP     BP
683:        RET
684: SCOPY   ENDP
685: ;
686: GC_1    PROC    NEAR          ←画面のデータをプリンタ用のデータに変更する
687:        MOV     AX,XL
688:        MOV     BX,8
689:        MUL     BX
690:        PUSH    AX
691: ;
692:        MOV     AX,YL
693:        MOV     BX,16
694:        MUL     BX
695:        PUSH    AX
696: ;
697:        MOV     AX,DS
698:        MOV     ES,AX
699: ;
700:        POP     BX
```

SCOPY

グラフィック画面のハード・コピー(1/2サイズ).
グラフィック画面の1ドットをプリンタの1ビットとする．縦横ともに1/2の大きさになる．

〈リスト5-1〉 グラフィック・サブルーチン(つづき)

```
701:       POP     AX
702: ;
703:       MOV     CL,8
704:       MOV     CH,8
705:       MOV     DI,OFFSETDS:BITD8
706: ;
707:       PUSH    DS
708:       MOV     DX,DS_LIO
709:       MOV     DS,DX
710:       INT     OCEH
711:       POP     DS
712: ;
713:       MOV     AX,XL
714:       MOV     BX,8
715:       MUL     BX
716:       PUSH    AX
717: ;
718:       MOV     AX,YL
719:       MOV     BX,16
720:       MUL     BX
721:       ADD     AX,8
722:       PUSH    AX
723: ;
724:       MOV     AX,DS
725:       MOV     ES,AX
726: ;
727:       POP     BX
728:       POP     AX
729: ;
730:       MOV     CL,8
731:       MOV     CH,8
732:       MOV     DI,OFFSETDS:BITD8_2
733: ;
734:       PUSH    DS
735:       MOV     DX,DS_LIO
736:       MOV     DS,DX
737:       INT     OCEH
738:       POP     DS
739:       RET
740: GC_1     ENDP
741: ;
742: LPB8_1  PROC     NEAR            ←プリンタにデータを転送する
743:       MOV     BX,OFFSETDS:BITD8
744:       MOV     DI,OFFSETDS:BITD8_2
745:       MOV     CX,8
746: LOOPL1:
747:       PUSH    CX
748:       MOV     CL,[BX]
749:       CALL    LPRINT
750:       MOV     CL,[DI]
751:       CALL    LPRINT
752:       INC     BX
753:       INC     DI
754:       POP     CX
755:       LOOP    LOOPL1
756:       RET
757: LPB8_1 ENDP
758: ;
759: TCOPY_R PROC     NEAR            ←テキスト1行コピー
760:       MOV     DX,0
761:       MOV     AX,YL
762:       MOV     BX,2
763:       DIV     BX
764:       CMP     DX,0
765:       JE      NE_T
766:       RET
767: NE_T:
768:       MOV     CX,0A000H
769:       MOV     ES,CX
770:       MOV     BX,160
771:       MUL     BX
772:       MOV     SI,AX
773:       MOV     CX,80
774: TC_LOOP:
775:       PUSH    CX
776:       MOV     CL,ES:[SI]
777:       CALL    LPRINT
778:       INC     SI
779:       INC     SI
780:       POP     CX
781:       LOOP    TC_LOOP
782: ;
783:       MOV     CL,CR
784:       CALL    LPRINT
785:       RET
786: TCOPY_R ENDP
787: ;
788: LPRINT  PROC     NEAR            ←プリンタにデータを1バイト転送する
789:       PUSH    AX
790: LPP:  IN         AL,42H
791:       AND     AL,04H
792:       JE      LPP
793:       MOV     AL,CL
794:       OUT     40H,AL
795:       MOV     AL,0EH
796:       OUT     46H,AL
797:       MOV     AL,0FH
798:       OUT     46H,AL
799:       POP     AX
800:       RET
```

〈リスト5-1〉グラフィック・サブルーチン(つづき)

```
801: LPRINT  ENDP
802: ;
803: ;
804: ;
805: ;
806: CODE    ENDS
807: ;
808: DATA    SEGMENT PARA 'DATA'      ←グラフLIOのワーク・エリア
809: LIO_WORK       DB      0          (未使用領域に各種のデータ領域をとっている)
810: DS_LIO        DW      0
811: WE_LIO        DW      0
812: WS_LIO        DW      0
813: PA_LIO        DW      0
814: SC_LIO        DW      0
815: ;
816: ;PARAMETER
817: SCREEN_D       DB       3,0,0,1
818: PARAMETER       DW       0,0,0,0,0
819:       DW       0,0,0,0,0
820: TILE_D        DB       27 DUP(?)
821: ;
822: PRINTI1        DB        1BH,'T16',ODH
823: PRINTI2        DB        1BH,'T12',ODH
824: PREND       DB       1BH,'T20',ODH
825: COPYM       DB       1BH,'D'
826: COPYN       DB       1BH,'M'
827: BIT8        DB        1BH,'S0640'
828: BITD        DB        1BH,'I1280'
829: BIT16       DB       1BH,'I0640'
830: CR       DB       ODH
831: LF       DB       OAH
832: BITD8       DB       8DUP(?)
833: BITD8_2        DB       8DUP(?)
834: BITD16        DB       16 DUP(?)
835: XL       DW       0
836: YL       DW       0
837: CFLAG       DB       0
838: KPON       DB       1BH,'>'
839: KPOFF       DB       1BH,']'
840: KFL       DB       0
841: ESC       DB       1BH
842: KIN       DB       4BH
843: KOUT       DB       48H
844: ;
845: ;
846: ;
847: WORK_START       DB       300H DUP(?)
848: ;
849: WORK_END       DB       ?
850: ;
851:       ORG       620H       ←以降グラフLIOのワーク・エリア
852:       DB       ODEOH DUP(?)
853: DATA    ENDS
854:       END
```

〈リスト5-2〉グラフィック・カラー・コピー・プログラム

```
1: COMMENT *
2:
3: グラフィック カラー コピープログラム
4:          (倍密度)
5: VERSION 1.0
6:       FOR PC-9801 & PC-PR201CL
7:
8: *
9: DGROUP  GROUP   DATA
10: ;
11: CODE    SEGMENT 'CODE'
12:       ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
13: ;
14: VSEG1  EQU      OA800H
15: VSEG2  EQU      OB000H
16: VSEG3  EQU      OB800H
17: ;
18: RGBT    MACRO   VS,PL          ←画面から1バイト・データを取る
19:       MOV     AX,VS
20:       MOV     ES,AX
21:       MOV     AL,ES:[SI+BX]
22:       NOT     AL
23:       MOV     PL,AL
24:       ENDM
25: ;
26: MODE    MACRO   NA,RS          ←プリンタのモード設定
27: LOCAL  LOP
28:       PUSH    CX
29:       PUSH    BX
30:       MOV     BX,OFFSETDS:NA
31:       MOV     CX,RS
32: LOP:
33:       PUSH    CX
34:       MOV     CL,[BX]
35:       CALL    LPRINT
36:       INC     BX
37:       POP     CX
38:       LOOP    LOP
39:       POP     BX
40:       POP     CX
41:       ENDM
42: ;
43:       PUBLIC  CLCOPY
44: CLCOPY PROC     FAR
45:       MOV     YL,0
46:       MODE    PRINTI,5
47: LOOP_Y:
48:       MOV     AX,YL
49:       MOV     BX,640
50:       MUL     BX
```

CLCOPY

グラフィック画面のカラー・ハード・コピーをとる．1ドットをプリンタの4ビット（2×2）としてコピーする．

〈リスト5-2〉グラフィック・カラー・コピー・プログラム(つづき)

```
51:         MOV     OFA,AX
52: ;
53: WBIM:
54:         CLD
55:         MOV     AX,DS               }
56:         MOV     ES,AX               }
57:         MOV     DI,OFFSETDS:WBD     }  WBDの初期化
58:         XOR     AX,AX               }
59:         MOV     CX,320              }
60:         REP     STOSW               }
61: ;
62:         MOV     XL,0
63:         MOV     DI,OFFSETDS:WBD
64:         MOV     WBP,DI
65:         MOV     SI,OFA
66: LOOP_W:
67:         XOR     BX,BX               }
68:         MOV     DX,1                }
69:         MOV     DI,WBP              }
70:         MOV     CX,8                }
71: LOOP_W2:                            }
72:         RGBT    VSEG1,B             }
73:         RGBT    VSEG2,R             }
74:         RGBT    VSEG3,G             }
75: ;                                   }
76:         MOV     AL,B                }
77:         AND     AL,R                }
78:         AND     AL,G                }
79: ;                                   }
80:         PUSH    CX                  }
81:         MOV     CX,8                }
82: LOOP_W1:                            }
83:         TEST    AL,80H              }  1バイトずつGVRAMから読みだし，黒画
84:         JE      L1                  }  素のイメージをWBDに置く（640バイト）
85:         ADD     [DI],DX             }
86: L1:                                 }
87:         SHL     AL,1                }
88:         INC     DI                  }
89:         LOOP    LOOP_W1             }
90:         POP     CX                  }
91:         MOV     DI,WBP              }
92:         ADD     BX,50H              }
93:         SHL     DX,1                }
94:         LOOP    LOOP_W2             }
95:         INC     XL                  }
96:         INC     SI                  }
97:         ADD     WBP,8               }
98:         CMP     XL,80               }
99:         JB      LOOP_W              }
100: ;
101:        MODE    YELLOW,3            }  モードをセットして黄色のデータをプリンタ
102:        MODE    BIT,6               }  に送る
103:        MOV     VSM,VSEG1           }
104:        CALL    YMC                 }
105: ;
106:        MODE    MAGENTA,3           }
107:        MODE    BIT,6               }  マゼンタ
108:        MOV     VSM,VSEG3           }
109:        CALL    YMC
110: ;
111:        MODE    CYAN,3              }
112:        MODE    BIT,6               }  シアン
113:        MOV     VSM,VSEG2           }
114:        CALL    YMC
115: ;
116:        MODE    BLACK,3             }
117:        MODE    BIT,6               }
118:        MOV     CX,640              }
119:        MOV     DI,OFFSETDS:WBD     }
120: LOOP_B:                            }
121:        PUSH    CX                  }  黒
122:        MOV     AL,[DI]             }
123:        CALL    LPL                 }
124:        INC     DI                  }
125:        POP     CX                  }
126:        LOOP    LOOP_B              }
127: ;
128:        MOV     BX,OFFSETDS:CR      }
129:        MOV     CL,[BX]             }
130:        CALL    LPRINT              }  リターン，ライン・フィード
131:        MOV     BX,OFFSETDS:LF      }
132:        MOV     CL,[BX]             }
133:        CALL    LPRINT
134: ;
135:        INC     YL
136:        CMP     YL,50
137:        JB      LOOP_MM
138:        MODE    PRINTE,5
139:        RET
140: LOOP_MM:
141:        JMP     LOOP_Y
142: CLCOPY ENDP
143: ;
144: YMC     PROC    NEAR                   ・VRAMのデータをビット・イメージに直
145:        MOV     XL,0                     してプリンタに送る（黒画素のイメージを
146:        MOV     DI,OFFSETDS:WBD          除く）
147:        MOV     WBP,DI
148:        MOV     SI,OFA
149:        MOV     AX,VSM
150:        MOV     ES,AX
```

```
151: ;
152: LOOP_M:
153:        XOR     BX,BX
154:        MOV     DX,1
155:        PUSH    ES
156:        CLD
157:        MOV     AX,DS
158:        MOV     ES,AX
159:        MOV     DI,OFFSETDS:BITDATA
160:        XOR     AX,AX
161:        MOV     CX,4
162:        REP     STOSW
163:        POP     ES
164:        MOV     CX,8
165: LOOP_2:
166:        MOV     DI,OFFSETDS:BITDATA
167:        MOV     AL,ES:[SI+BX]
168:        PUSH    CX
169:        MOV     CX,8
170: LOOP_1:
171:        TEST    AL,80H
172:        JE      ML1
173:        ADD     [DI],DX
174: ML1:
175:        SHL     AL,1
176:        INC     DI
177:        LOOP LOOP_1
178:        POP     CX
179:        ADD     BX,50H
180:        SHL     DX,1
181:        LOOP    LOOP_2
182: ;
183:        MOV     DI,OFFSETDS:BITDATA
184:        MOV     BX,WBP
185:        MOV     CX,8
186: LOOP_3:
187:        PUSH    CX
188:        MOV     AL,[DI]
189:        NOT     AL
190:        MOV     CL,[BX]
191:        NOT     CL
192:        AND     AL,CL
193:        CALL    LPL
194:        INC     DI
195:        INC     BX
196:        POP     CX
197:        LOOP    LOOP_3
198:        ADD     WBP,8
199: ;
200:        INC     XL
201:        INC     SI
202:        CMP     XL,80
203:        JB      LOOP_M
204: ;
205:        MOV     BX,OFFSETDS:CR
206:        MOV     CL,[BX]
207:        CALL    LPRINT
208:        RET
209: YMC    ENDP
210: ;
211: LPL    PROC    NEAR        ←ＶＲＡＭのデータをビット・イメージに直
                                  してプリンタに送る
212:        PUSH    BX
213:        PUSH    AX
214:        XOR     BX,BX
215:        MOV     DL,1
216:        MOV     CX,4
217: LOOPO:
218:        TEST    AL,01H
219:        JE      SK
220:        ADD     BL,DL
221:        SHL     DL,1
222:        ADD     BL,DL
223:        SHL     DL,1
224:        JMP     SK2
225: SK:
226:        SHL     DL,1
227:        SHL     DL,1
228: SK2:
229:        SHR     AL,1
230:        LOOP    LOOPO
231: ;
232:        MOV     DL,1
233:        MOV     CX,4
234: LOOP1:
235:        TEST    AL,01H
236:        JE      SKK
237:        ADD     BH,DL
238:        SHL     DL,1
239:        ADD     BH,DL
240:        SHL     DL,1
241:        JMP     SKK2
242: SKK:
243:        SHL     DL,1
244:        SHL     DL,1
245: SKK2:
246:        SHR     AL,1
247:        LOOP    LOOP1
248: ;
249:        MOV     CL,BL
250:        CALL    LPRINT
```

〈リスト5-2〉 グラフィック・カラー・コピー・プログラム（つづき）

```
251:        MOV     CL,BH
252:        CALL    LPRINT
253:        MOV     CL,BL
254:        CALL    LPRINT
255:        MOV     CL,BH
256:        CALL    LPRINT
257: ;
258:        POP     AX
259:        POP     BX
260:        RET
261: LPL    ENDP
262: ;
263: ;
264: LPRINT PROC    NEAR        ←プリンタにデータを1バイト送る
265:        PUSH    AX
266: LPP:   IN      AL,42H
267:        AND     AL,04H
268:        JE      LPP
269:        MOV     AL,CL
270:        OUT     40H,AL
271:        MOV     AL,0EH
272:        OUT     46H,AL
273:        MOV     AL,0FH
274:        OUT     46H,AL
275:        POP     AX
276:        RET
277: LPRINT ENDP
278: ;
279: CODE   ENDS
280: ;
281: DATA   SEGMENT 'DATA'
282: WBP    DW      0
283: WBD    DB      640 DUP(?)  ←黒画素用のデータ領域
284: BITDATA DB     8DUP(?)
285: VSM    DW      0
286: R      DB      0
287: G      DB      0
288: B      DB      0
289: XL     DW      0
290: YL     DW      0
291: OFA    DW      0
292: ;
293: PRINTI DB      1BH,'T12',0DH
294: PRINTE DB      1BH,'T20',0DH
295: MODEC  DB      1BH,'D'
296: BIT    DB      1BH,'I1280'
297: CR     DB      0DH
298: LF     DB      0AH
299: BLACK  DB      1BH,'C0'
300: YELLOW DB      1BH,'C6'
301: MAGENTA DB     1BH,'C3'
302: CYAN   DB      1BH,'C5'
303: DATA   ENDS
304: ;
305:        END
```

〈リスト5-3〉 コピー・サブルーチン

```
 1: COMMENT *
 2:  コピー サブルーチン（５階調）
 3:
 4:   FOR PC-9801
 5:
 6: *
 7: DGROUP  GROUP   DATA
 8: ;
 9: CODE    SEGMENT 'CODE'
10:     ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
11: ;
12: VSEG1   EQU     0A800H
13: VSEG2   EQU     0B000H
14: VSEG3   EQU     0B800H
15: ;;
16: MODE    MACRO   NA,RS       ←モードの設定
17: LOCAL   LOP
18:     PUSH    CX
19:     PUSH    BX
20:     MOV     BX,OFFSETDS:NA
21:     MOV     CX,RS
22: LOP:
23:     PUSH    CX
24:     MOV     CL,[BX]
25:     CALL    LPRINT
26:     INC     BX
27:     POP     CX
28:     LOOP    LOP
29:     POP     BX
30:     POP     CX
31:     ENDM
32: ;
33: BRGC    MACRO   VSEG
34:     MOV     AX,VSEG
35:     MOV     ES,AX
36:     MOV     AL,ES:[SI]
37:     SHL     AL,CL
38:     ENDM
39: ;
40:     PUBLIC  COPY5
41: COPY5   PROC    FAR
42:     PUSH    BP
43:     MOV     BP,SP
44: ;
45:     LES     SI,6[BP]
46:     MOV     AX,ES:[SI]
47:     MOV     CFLAG,AL
48: ;
49:     CALL    DCOPY_4
50:     POP     BP
```

COPY 5

CALL COPY5(I)

グラフィック画面の色を５階調の濃淡でハード・コピーをとる．
I：0のときグラフィック画面のみ，
　1のときテキスト画面と合成する．

色と濃淡は次のように対応する．

色	濃淡レベル
0	4
1, 2	3
3, 4	2
5, 6	1
7	0

グラフィック画面の1ドットをプリンタの4ビット（2×2）とする．

```
 51:        RET     4
 52: COPY5   ENDP
 53: ;
 54: DCOPY_4 PROC    NEAR
 55: ;
 56:        MOV     YL,0
 57:        MODE    PRINTI,5
 58: LOOP_YL:
 59:        CMP     BYTE PTR CFLAG,0
 60:        JE      SK_D4
 61: ;      MODE    KPON,2
 62:        CALL    TCOPY_R
 63: SK_D4:
 64:        MOV     AX,YL
 65:        MOV     BX,8
 66:        MUL     BX
 67:        MOV     Y,AX
 68:        MOV     X,0
 69:        MODE    BIT,6
 70: ;
 71: LOOP_X:
 72:        PUSH    Y
 73:        MOV     CX,8
 74:        MOV     BX,OFFSETDS:CLDATA
 75: LOOP_Y:
 76:        CALL    COL
 77:        MOV     [BX],AL
 78:        INC     BX
 79:        INC     Y
 80:        LOOP    LOOP_Y
 81: ;
 82:        CALL    MDIZA4
 83: ;
 84:        MOV     BX,OFFSETDS:BITDATA
 85:        MOV     CX,4
 86: ;
 87: LOOPL:
 88:        PUSH    CX
 89:        MOV     CL,[BX]
 90:        CALL    LPRINT
 91:        INC     BX
 92:        POP     CX
 93:        LOOP    LOOPL
 94: ;
 95:        POP     Y
 96:        INC     X
 97:        CMP     X,640
 98:        JB      LOOP_X
 99: ;
100:        MOV     CL,CR
101:        CALL    LPRINT
102:        MOV     CL,LF
103:        CALL    LPRINT
104: ;
105:        INC     YL
106:        CMP     YL,50
107:        JB      LOOP_YL2
108: ;
109:        MODE    PREND,5
110:        RET
111: LOOP_YL2:
112:        JMP     LOOP_YL
113: DCOPY_4 ENDP
114: ;;
115: COL    PROC    NEAR             ←座標（X, Y）の色を求める.
                                      AL←
116:        PUSH    BX
117:        PUSH    CX
118:        PUSH    DX
119: ;
120:        MOV     AX,Y
121:        MOV     BX,80
122:        MUL     BX
123:        MOV     SI,AX
124: ;
125:        MOV     DX,0
126:        MOV     AX,X
127:        MOV     BX,8
128:        DIV     BX
129:        MOV     CX,DX
130:        ADD     SI,AX
131: ;
132:        XOR     BL,BL
133:        MOV     DL,1
134:        BRGC    VSEG1
135:        TEST    AL,80H
136:        JE      SKB
137:        ADD     BL,DL
138: SKB:
139:        BRGC    VSEG2
140:        SHL     DL,1
141:        TEST    AL,80H
142:        JE      SKR
143:        ADD     BL,DL
144: SKR:
145:        BRGC    VSEG3
146:        SHL     DL,1
147:        TEST    AL,80H
148:        JE      SKG
149:        ADD     BL,DL
150: SKG:
```

```
151:        MOV     AL,BL
152:        POP     DX
153:        POP     CX
154:        POP     BX
155:        RET
156: COL       ENDP
157: ;
158: ;;
159: ;
160: MDIZA4  PROC      NEAR           ←縦8ドット分のドットの色をもとにディ
                                       ザ・パターンを作成する.
161:        MOV     AX,DS
162:        MOV     ES,AX
163:        MOV     DI,OFFSETDS:BITDATA
164:        XOR     AX,AX
165:        MOV     CX,4
166:        CLD
167:        REP     STOSB
168: ;
169:        MOV     BX,OFFSETDS:CLDATA
170:        MOV     SI,OFFSETDS:BITDATA
171:        MOV     DI,OFFSETDS:DIZAD
172: ;
173:        XOR     DL,DL
174:        MOV     CX,4
175: LOOP_D1:                           ←上4ドット分のディザ・パターンを作成する.
176:        PUSH    CX
177:        MOV     AL,[BX]
178:        PUSH    BX
179:        XOR     BX,BX
180:        MOV     BL,AL
181:        MOV     CL,DL
182:        SHL     BL,1
183: ;
184:        MOV     AL,[BX+DI]
185:        SHL     AL,CL
186:        ADD     [SI],AL
187:        MOV     AL,[BX+DI+1]
188:        SHL     AL,CL
189:        ADD     2[SI],AL
190:        POP     BX
191:        INC     BX
192:        INC     DL
193:        INC     DL
194:        POP     CX
195:        LOOP    LOOP_D1
196: ;
197:        XOR     DL,DL
198:        MOV     CX,4
199: LOOP_D2:                           ←下4ドット分のディザ・パターンを作成する.
200:        PUSH    CX
201:        MOV     AL,[BX]
202:        PUSH    BX
203:        XOR     BX,BX
204:        MOV     BL,AL
205:        MOV     CL,DL
206:        SHL     BL,1
207: ;
208:        MOV     AL,[BX+DI]
209:        SHL     AL,CL
210:        ADD     1[SI],AL
211:        MOV     AL,[BX+DI+1]
212:        SHL     AL,CL
213:        ADD     3[SI],AL
214:        POP     BX
215:        INC     BX
216:        INC     DL
217:        INC     DL
218:        POP     CX
219:        LOOP    LOOP_D2
220:        RET
221: MDIZA4  ENDP
222: ;
223: ;
224: TCOPY_R PROC      NEAR            ←テキスト画面のコピー
225:        MOV     DX,0
226:        MOV     AX,YL
227:        MOV     BX,2
228:        DIV     BX
229:        CMP     DX,0
230:        JE      NE_T
231:        RET
232: NE_T:
233:        MOV     CX,0A000H
234:        MOV     ES,CX
235:        MOV     BX,160
236:        MUL     BX
237:        MOV     SI,AX
238:        MOV     CX,80
239: TC_LOOP:
240:        PUSH    CX
241:        MOV     CL,ES:[SI]
242:        CALL    LPRINT
243:        INC     SI
244:        INC     SI
245:        POP     CX
246:        LOOP    TC_LOOP
247: ;
248:        MOV     CL,CR
249:        CALL    LPRINT
250:        RET
```

〈リスト5-3〉 コピー・サブルーチン(つづき)

```
251: TCOPY_R ENDP
252: ;
253: ;
254: LPRINT  PROC    NEAR
255:     PUSH    AX
256: LPP:    IN      AL,42H
257:     AND     AL,04H
258:     JE      LPP
259:     MOV     AL,CL
260:     OUT     40H,AL
261:     MOV     AL,0EH
262:     OUT     46H,AL
263:     MOV     AL,0FH
264:     OUT     46H,AL
265:     POP     AX
266:     RET
267: LPRINT  ENDP
268: ;
269: CODE    ENDS
270: ;
271: DATA    SEGMENT 'DATA'
272: BITDATA DB      5DUP(?)
273: X       DW      0
274: Y       DW      0
275: YL      DW      0
276: CLDATA  DB      8DUP(?)
277: ;
278: PRINTI  DB      1BH,'T12',0DH
279: PREND   DB      1BH,'T20',0DH
280: BIT     DB      1BH,'I1280'
281: CR      DB      0DH
282: LF      DB      0AH
283: KPON    DB      1BH,'>'
284: CFLAG   DB      0
285: ;
286: DIZAD   DB      3,3
287:         DB      3,1
288:         DB      1,3
289:         DB      1,2
290:         DB      2,1
291:         DB      1,0
292:         DB      0,2
293:         DB      0,0
294: DATA    ENDS
295:         END
```

〈リスト5-4〉 コピー・サブルーチン(8階調)

```
1: COMMENT *
2:         コピー サブルーチン (8階調)
3:
4:      FOR PC-9801
5:
6: *
7: DGROUP  GROUP   DATA
8: ;
9: CODE    SEGMENT 'CODE'
10:     ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
11: ;
12: VSEG1   EQU     0A800H
13: VSEG2   EQU     0B000H
14: VSEG3   EQU     0B800H
15: ;;
16: MODE    MACRO   NA,RS
17: LOCAL   LOP
18:     PUSH    CX
19:     PUSH    BX
20:     MOV     BX,OFFSETDS:NA
21:     MOV     CX,RS
22: LOP:
23:     PUSH    CX
24:     MOV     CL,[BX]
25:     CALL    LPRINT
26:     INC     BX
27:     POP     CX
28:     LOOP    LOP
29:     POP     BX
30:     POP     CX
31:     ENDM
32: ;
33: BRGC    MACRO   VSEG
34:     MOV     AX,VSEG
35:     MOV     ES,AX
36:     MOV     AL,ES:[SI]
37:     SHL     AL,CL
38:     ENDM
39: ;
40:     PUBLIC  COPY8
41: COPY8   PROC    FAR
42:     CALL    DCOPY_8
43:     RET
44: COPY8   ENDP
45: ;
46: ;
47: DCOPY_8 PROC    NEAR
48:     MOV     YL,0
49:     MODE    PRINTI,5
50: LOOP_YL:
```

COPY 8

グラフィック画面の色を8階調の濃淡でハード・コピーをとる.

色と濃淡は次のように対応する.

色	濃淡レベル
0	7 濃い
1	6
2	5
3	4
4	3
5	2
6	1
7	0 淡い

グラフィック画面の1ドットをプリンタの9ビット(3×3)とする.

```
51:      MOV     AX,YL
52:      MOV     BX,8
53:      MUL     BX
54:      MOV     Y,AX
55:      MOV     X,0
56:      MODE    BIT,6
57: ;
58: LOOP_X:
59:      PUSH    Y
60:      MOV     CX,8
61:      MOV     BX,OFFSETDS:CLDATA
62: LOOP_Y:
63:      CALL    COL
64:      MOV     [BX],AL
65:      INC     BX
66:      INC     Y
67:      LOOP    LOOP_Y
68: ;
69:      CALL    MDIZA
70:      CALL    LBIT
71: ;
72:      POP     Y
73:      INC     X
74:      CMP     X,640
75:      JB      LOOP_X
76: ;
77:      MOV     CL,CR
78:      CALL    LPRINT
79:      MOV     CL,LF
80:      CALL    LPRINT
81: ;
82:      INC     YL
83:      CMP     YL,50
84:      JB      LOOP_YL
85:      MODE    PREND,5
86:      RET
87: DCOPY_8 ENDP
88: ;;
89: COL     PROC    NEAR
90:      PUSH    BX
91:      PUSH    CX
92:      PUSH    DX
93: ;
94:      MOV     AX,Y
95:      MOV     BX,80
96:      MUL     BX
97:      MOV     SI,AX
98: ;
99:      MOV     DX,0
100:     MOV     AX,X
```

```
101:     MOV     BX,8
102:     DIV     BX
103:     MOV     CX,DX
104:     ADD     SI,AX
105: ;
106:     XOR     BL,BL
107:     MOV     DL,1
108:     BRGC    VSEG1
109:     TEST    AL,80H
110:     JE      SKB
111:     ADD     BL,DL
112: SKB:
113:     BRGC    VSEG2
114:     SHL     DL,1
115:     TEST    AL,80H
116:     JE      SKR
117:     ADD     BL,DL
118: SKR:
119:     BRGC    VSEG3
120:     SHL     DL,1
121:     TEST    AL,80H
122:     JE      SKG
123:     ADD     BL,DL
124: SKG:
125:     MOV     AL,BL
126:     POP     DX
127:     POP     CX
128:     POP     BX
129:     RET
130: COL     ENDP
131: ;
132: ;;
133: DC      MACRO
134:     MOV     AL,[BX]
135:     PUSH    BX
136:     XOR     BX,BX
137:     MOV     BL,AL
138:     SHL     AL,1
139:     ADD     BL,AL
140:     ENDM
141: ;
142: DTR     MACRO
143:     POP     BX
144:     INC     BX
145:     DC
146:     ENDM
147: ;
148: DSQ     MACRO   SN,S1,S2,S3
149:     MOV     AL,[BX+DI]
150:     MOV     CL,SN
```

〈リスト5-4〉 コピー・サブルーチン(8階調)(つづき)

```
151:       SHL     AL,CL
152:       ADD     [SI+S1],AL
153:       MOV     AL,[BX+DI+1]
154:       MOV     CL,SN
155:       SHL     AL,CL
156:       ADD     [SI+S2],AL
157:       MOV     AL,[BX+DI+2]
158:       MOV     CL,SN
159:       SHL     AL,CL
160:       ADD     [SI+S3],AL
161:       ENDM
162: ;
163: DCC     MACRO    SSN,SS1,SS2,SS3
164:       MOV     AL,[BX+DI]
165:       MOV     CL,SSN
166:       SHR     AL,CL
167:       ADD     [SI+SS1],AL
168:       MOV     AL,[BX+DI+1]
169:       MOV     CL,SSN
170:       SHR     AL,CL
171:       ADD     [SI+SS2],AL
172:       MOV     AL,[BX+DI+2]
173:       MOV     CL,SSN
174:       SHR     AL,CL
175:       ADD     [SI+SS3],AL
176:       ENDM
177: ;
178: MDIZA   PROC     NEAR
179:       MOV     AX,DS
180:       MOV     ES,AX
181:       MOV     DI,OFFSETDS:BITDATA
182:       XOR     AX,AX
183:       MOV     CX,9
184:       CLD
185:       REP     STOSB
186: ;
187:       MOV     BX,OFFSETDS:CLDATA
188:       MOV     SI,OFFSETDS:BITDATA
189:       MOV     DI,OFFSETDS:DIZAD
190: ;
191:       DC
192:       MOV     CL,[BX+DI]
193:       ADD     [SI],CL
194:       MOV     CL,[BX+DI+1]
195:       ADD     [SI+3],CL
196:       MOV     CL,[BX+DI+2]
197:       ADD     [SI+6],CL
198:       DTR
199:       DSQ     3,0,3,6
200:       DTR
201:       DSQ     6,0,3,6
202:       DCC     2,1,4,7
203:       DTR
204:       DSQ     1,1,4,7
205:       DTR
206:       DSQ     4,1,4,7
207:       DTR
208:       DSQ     7,1,4,7
209:       DCC     1,2,5,8
210:       DTR
211:       DSQ     2,2,5,8
212:       DTR
213:       DSQ     5,2,5,8
214:       POP     BX
215:       RET
216: MDIZA   ENDP
217: ;
218: LBIT    PROC     NEAR
219:       MOV     BX,OFFSETDS:BITDATA
220:       MOV     CX,9
221: ;
222: LOOPL:
223:       PUSH    CX
224:       MOV     CL,[BX]
225:       CALL    LPRINT
226:       INC     BX
227:       POP     CX
228:       LOOP    LOOPL
229:       RET
230: LBIT    ENDP
231: ;
232: ;
233: LPRINT  PROC     NEAR
234:       PUSH    AX
235: LPP:     IN      AL,42H
236:       AND     AL,04H
237:       JE      LPP
238:       MOV     AL,CL
239:       OUT     40H,AL
240:       MOV     AL,0EH
241:       OUT     46H,AL
242:       MOV     AL,0FH
243:       OUT     46H,AL
244:       POP     AX
245:       RET
246: LPRINT  ENDP
247: ;
248: CODE    ENDS
249: ;
250: DATA    SEGMENT 'DATA'
251: BITDATA DB      9DUP(?)
252: X       DW      0
253: Y       DW      0
254: YL      DW      0
255: CLDATA  DB      8DUP(?)
256: ;
257: PRINTI  DB      1BH,'T18',0DH
258: PREND   DB      1BH,'T20',0DH
259: BIT     DB      1BH,'J1920'
260: CR      DB      0DH
261: LF      DB      0AH
262: ;
263: DIZAD   DB      7,7,7
264:         DB      6,5,3
265:         DB      5,2,5
266:         DB      2,5,2
267:         DB      1,2,4
268:         DB      1,2,0
269:         DB      0,2,0
270:         DB      0,0,0
271: DATA    ENDS
272:         END
```

```
 1: COMMENT *
 2: グラフィック 画面 反転サブルーチン
 3:
 4:      FOR PC-9801
 5: *
 6: DGROUP  GROUP   DATA
 7: ;
 8: CODE    SEGMENT 'CODE'
 9:         ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
10: ;
11: VSEG1   EQU     0A800H
12: VSEG2   EQU     0B000H
13: VSEG3   EQU     0B800H
14: ;
15: RGBN    MACRO   VS
16:         MOV     AX,VS
17:         MOV     ES,AX
18:         MOV     AX,ES:[DI]
19:         NOT     AX
20:         MOV     ES:[DI],AX
21:         ENDM
22: ;
23: ;
24:         PUBLIC  NEGA
25: NEGA    PROC    FAR
26:         XOR     DI,DI
27: ;
28: LOOP_MN:
29:         RGBN    VSEG1
30:         RGBN    VSEG2
31:         RGBN    VSEG3
32: ;
33:         INC     DI
34:         INC     DI
35:         CMP     DI,7D00H
36:         JB      LOOP_MN
37: ;
38:         RET
39: NEGA    ENDP
40: ;
41: ;
42: ;
43: RGBR    MACRO   VS2,PL2
44:         MOV     CX,VS2
45:         MOV     ES,CX
46:         XOR     ES:[DI],AX
47:         ENDM
48: ;
49: ;
50: RGBT    MACRO   VS,PL
51:         MOV     AX,VS
52:         MOV     ES,AX
53:         MOV     AX,ES:[DI]
54:         MOV     PL,AX
55:         ENDM
56: ;
57: ;
58:         PUBLIC  BWNEGA
59: BWNEGA  PROC    FAR
60:         XOR     DI,DI
61: ;
62: LOOP_M:
63:         RGBT    VSEG1,B
64:         RGBT    VSEG2,R
65:         RGBT    VSEG3,G
66: ;
67:         MOV     AX,B
68:         AND     AX,R
69:         AND     AX,G
70: ;
71:         MOV     BX,B
72:         OR      BX,R
73:         OR      BX,G
74: ;
75:         NOT     BX
76:         OR      AX,BX
77: ;
78:         RGBR    VSEG1,B
79:         RGBR    VSEG2,R
80:         RGBR    VSEG3,G
81: ;
82:         INC     DI
83:         INC     DI
84:         CMP     DI,7D00H
85:         JB      LOOP_M
86: ;
87:         RET
88: BWNEGA  ENDP
89: CODE    ENDS
90: ;
91: DATA    SEGMENT 'DATA'
92: B       DW      0
93: R       DW      0
94: G       DW      0
95: DATA    ENDS
96:         END
```

NEGA(グラフィック画面の反転)

カラー・モード時では，もとの色とは補色の関係となる．モノクロ・モード時では白黒反転する．アクティブ画面側のＶＲＡＭ全体を対象とする．

```
 1: COMMENT &
 2:
 3:  BIT search function
 4:
 5: &
 6: DATA    SEGMENT 'DATA'
 7: DATA    ENDS
 8: ;
 9: DGROUP  GROUP   DATA
10: CODE    SEGMENT 'CODE'
11:         ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
12: ;
13:         PUBLIC  IBIT
14: IBIT    PROC    FAR
15:         PUSH    BP
16:         MOV     BP,SP
17:         LES     DI,[BP+10]
18:         MOV     AX,ES:[DI]
19:         LES     DI,[BP+6]
20:         MOV     CX,ES:[DI]
21:         AND     CL,0FH
22:         JZ      IB1
23:         SHR     AX,CL
24: IB1:
25:         AND     AX,0001H
26:         XOR     DX,DX
27:         POP     BP
28:         RET     8
29: ;
30: IBIT    ENDP
31: ;
32:         PUBLIC  IAND
33: IAND    PROC    FAR
34:         PUSH    BP
35:         MOV     BP,SP
36:         LES     DI,[BP+10]
37:         MOV     AX,ES:[DI]
38:         LES     DI,[BP+6]
39:         MOV     CX,ES:[DI]
40:         AND     AX,CX
41:         XOR     DX,DX
42:         POP     BP
43:         RET     8
44: ;
45: IAND    ENDP
46: ;
47:         PUBLIC  IOR
48: IOR     PROC    FAR
49:         PUSH    BP
50:         MOV     BP,SP
51:         LES     DI,[BP+10]
52:         MOV     AX,ES:[DI]
53:         LES     DI,[BP+6]
54:         MOV     CX,ES:[DI]
55:         OR      AX,CX
56:         POP     BP
57:         RET     8
58: ;
59: IOR     ENDP
60: ;
61:         PUBLIC  ISHIFT
62: ISHIFT  PROC    FAR
63:         PUSH    BP
64:         MOV     BP,SP
65:         LES     DI,[BP+10]
66:         MOV     AX,ES:[DI]
67:         LES     DI,[BP+6]
68:         MOV     CX,ES:[DI]
69:         CMP     CX,0
70:         JZ      RET_SF
71:         JL      RSHIFT
72: LSHIFT:
73:         CMP     CL,16
74:         JBE     LSH_1
75:         MOV     CL,16
76: LSH_1:
77:         SHL     AX,CL
78:         JMP     SHORT RET_SF
79: RSHIFT:
80:         DEC     CX
81:         NOT     CX
82:         CMP     CL,16
83:         JBE     RSH_1
84:         MOV     CL,16
85: RSH_1:
86:         SHR     AX,CL
87: RET_SF:
88:         POP     BP
89:         RET     8
90: ISHIFT  ENDP
91: CODE    ENDS
92:         END
```

IBIT

I＝IBIT（I，J）

2バイト整数IのJビット目の値を返す（0か1）．
2バイト整数に限る．（0≦J≦15）
ビットは下位バイトのLSBから，上位バイトのMSBにかけて0，1…，15と数える．

IAND

I＝IAND（I，J）

2バイト整数IとJの論理積を返す．
2バイト整数に限る．

IOR

I＝IOR（I，J）

2バイト整数IとJの論理和を返す．
2バイト整数に限る．

ISHIFT

I＝ISHIFT（I，J）

2バイト整数IをJビットシフトした値を返す．
2バイト整数に限る．

J=0	：なにもしない．
0＜J≦16	：JビットIを左にシフト．
−16≦J＜0	：JビットIを右にシフト．
|J| ＞16	：0を返す．

〈リスト5-7〉 IPEEKとIPOKEサブルーチン

```
 1: COMMENT *
 2: IPEEK & IPOKE
 3:    IPEEK(SEGMENT,OFFSET)
 4:    IPOKE(SEGMENT,OFFSET,DATA)
 5:       ADRESS SEGMENT :2バイト整数
 6:       OFFSET :2バイト整数
 7: DATA :2バイト整数
 8: *
 9: DATA   SEGMENT 'DATA'
10: DATA   ENDS
11: ;
12: DGROUP GROUP   DATA
13: ;
14: CODE   SEGMENT 'CODE'
15:        ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
16: ;
17:        PUBLIC  IPEEK
18: IPEEK  PROC    FAR
19:        PUSH    BP
20:        MOV     BP,SP
21: ;
22:        LES     SI,[BP+6]
23:        MOV     BX,ES:[SI]
24:        LES     SI,[BP+10]
25:        MOV     AX,ES:[SI]
26:        MOV     ES,AX
27: ;
28:        MOV     AL,ES:[BX]
29:        XOR     AH,AH
30:        XOR     DX,DX
31: ;
32:        POP     BP
33:        RET     8
34: IPEEK  ENDP
35: ;
36:        PUBLIC  IPOKE
37: IPOKE  PROC    FAR
38:        PUSH    BP
39:        MOV     BP,SP
40: ;
41:        LES     SI,[BP+6]
42:        MOV     CX,ES:[SI]
43:        LES     SI,[BP+10]
44:        MOV     BX,ES:[SI]
45:        LES     SI,[BP+14]
46:        MOV     AX,ES:[SI]
47:        MOV     ES,AX
48:        MOV     ES:[BX],CL
49: ;
50:        POP     BP
51:        RET     12
52: IPOKE  ENDP
53: CODE   ENDS
54:        END
```

IPEEK

ID=IPEEK(ISEG, IOFF)

セグメントとオフセットで指定されたアドレスから1バイトのデータを読み出す.
引数 { ISEG：セグメント（2バイト整数）
　　 { IOFF：オフセット（2バイト整数）
IDの下位にデータが入る．上位は0になる．

IPOKE

CALL IPOKE(ISGE, IOFF, ID)

セグメントとオフセットで指定されたアドレスに1バイトのデータを書き込む.
ID：書き込むデータ
書き込むデータはIDの下位に入れる.

〈リスト5-8〉 MS-DOS SYSTEM CALLサブルーチン

```
 1: COMMENT*
 2:        MS-DOS SYSTEM CALL
 3:   FOR PC-9801
 4:   VERSION 1.0
 5: *
 6: DATA    SEGMENT 'DATA'
 7: DATA    ENDS
 8: ;
 9: DGROUP  GROUP   DATA
10: ;
11: CODE    SEGMENT 'CODE'
12:         ASSUME  CS:CODE,DS:DGROUP,SS:DGROUP
13: ;
14:         PUBLIC  IKEY
15: IKEY    PROC    FAR
16:         MOV     AH,08H
17:         INT     21H
18:         XOR     AH,AH
19:         XOR     DX,DX
20:         RET     4
21: IKEY    ENDP
22: ;
23:         PUBLIC  GTIME
24: GTIME   PROC    FAR
25:         PUSH    BP
26:         MOV     BP,SP
27: ;
28:         MOV     AH,2CH
29:         INT     21H
30: ;
31:         LES     SI,14[BP]
32:         MOV     ES:[SI],CH           ← 時
33:         MOV     BYTE  PTRES:1[SI],0
34:         LES     SI,10[BP]
35:         MOV     ES:[SI],CL           ← 分
36:         MOV     BYTE  PTRES:1[SI],0
37:         LES     SI,6[BP]
38:         MOV     ES:[SI],DH           ← 秒
39:         MOV     BYTE  PTRES:1[SI],0
40: ;
41:         POP     BP
42:         RET     12
43: GTIME   ENDP
44: ;
45:         PUBLIC  GDATE
46: GDATE   PROC    FAR
47:         PUSH    BP
48:         MOV     BP,SP
49: ;
50:         MOV     AH,2AH
```

GTIME（時刻の取り出し）

CALL GTIME(IH, IM, IS)

ＭＳ-ＤＯＳの管理する時刻を取り出す.
IH ：時（0～23）
IM ：分（0～59）
IS ：秒（0～59）

IKEY

I＝IKEY（dummy）

Iに押されたキーのアスキー・コードが入る.
dummyはなんでもよい.
何かキーが押されるまで戻らない.

GDATE（日付けの取り出し）

CALL GDATE(IY, IM, ID, IW)
ＭＳ-ＤＯＳの管理する日付けを取り出す.
IY ：年（西暦1980～2079）
IM ：月（1～12）.
ID ：日（1～31）.
IW ：曜日（0＝日, 1＝月,……, 6＝土）.

```
51:       INT     21H
52: ;
53:       LES     SI,18[BP]          ← 年
54:       MOV     ES:[SI],CX
55:       LES     SI,14[BP]
56:       MOV     ES:[SI],DH         ← 月
57:       MOV     BYTE  PTRES:1[SI],0
58:       LES     SI,10[BP]
59:       MOV     ES:[SI],DL         ← 日
60:       MOV     BYTE  PTRES:1[SI],0
61:       LES     SI,6[BP]
62:       MOV     ES:[SI],AL         ← 曜日
63:       MOV     BYTE  PTRES:1[SI],0
64: ;
65:       POP     BP
66:       RET     16
67: GDATE   ENDP
68: ;
69:       PUBLIC  STIME
70: STIME   PROC    FAR
71:       PUSH    BP
72:       MOV     BP,SP
73: ;
74:       LES     SI,18[BP]
75:       MOV     CH,ES:[SI]         ←時
76:       LES     SI,14[BP]
77:       MOV     CL,ES:[SI]         ←分
78:       LES     SI,10[BP]
79:       MOV     DH,ES:[SI]         ←秒
80:       MOV     DL,0               ←  DL<100  とすること（秒）
81: ;
82:       MOV     AH,2DH
83:       INT     21H
84: ;
85:       XOR     AH,AH
86:       LES     SI,6[BP]
87:       MOV     ES:[SI],AX
88: ;
89:       POP     BP
90:       RET     16
91: STIME   ENDP
92: ;
93:       PUBLIC  SDATE
94: SDATE   PROC    FAR
95:       PUSH    BP
96:       MOV     BP,SP
97: ;
98:       LES     SI,18[BP]
99:       MOV     CX,ES:[SI]         ←年
100:      LES     SI,14[BP]
101:      MOV     DH,ES:[SI]         ←月
102:      LES     SI,10[BP]
103:      MOV     DL,ES:[SI]         ←日
104: ;
105:      MOV     AH,2BH
106:      INT     21H
107: ;
108:      XOR     AH,AH
109:      LES     SI,6[BP]
110:      MOV     ES:[SI],AX
111: ;
112:      POP     BP
113:      RET     16
114: SDATE   ENDP
115: CODE    ENDS
116:      END
```

SDATE（日付けのセット）

CALL SDATE(IY, IM, ID, IERR)

日付けをセットする.
IERR：エラー・フラグ.
0のとき日付けは有効.
1のとき日付けにエラーがある.

STIME

CALL STIME(IH, IM, IS, IERR)

時刻をセットする.
IERR：エラー・フラグ.
0のとき時刻は有効.
1のとき時刻にエラーがある.

トランジスタ技術 SPECIAL No.4のお知らせ (87年6月25日発売予定)

C-MOS標準ロジックIC活用マニュアル

現在，標準ロジックICとしてはTTL74シリーズが有名で，数百品種のICが市販されています．

一般にディジタル回路のハードウェアはこれら標準ロジックICの組み合わせで作られますので，ICの選び方，使い方がシステム設計時には特に重要になってきました．

そこで次号では，TTL74シリーズのC-MOS版74HCシリーズ，標準タイプの4000／4500シリーズなどのC-MOS標準ロジックICについて詳解します．登場するICは，基本ゲート／ラッチ／フリップフロップ／マルチバイブレータ／カウンタ／デコーダ／エンコーダ／シフトレジスタ／ディスプレイ・ドライバなど，ほとんどすべての機能のICを紹介する予定です．

基本的な機能説明のほか，すぐに活用できる具体的な回路例も豊富です．

ご期待ください．

別冊トランジスタ技術 SPECIAL No.3

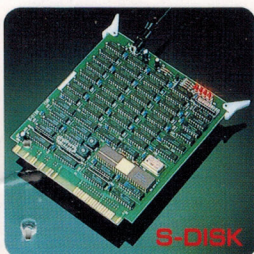
発行人 飛坐 博　編集人 蒲生良治
発行所 CQ出版株式会社　〒170 東京都豊島区巣鴨1-14-2
電話 03(947)6311～6315
振替 東京0-10665

昭和62年5月1日発行
定価 1,500円
送料 250円

印刷・製本 三晃印刷株式会社

モリモリハードディスク

自己増殖型ユニットS-DISK

S-DISK　S-POWER

S・DISK PACK

パック特別定価

¥62,000

次から次へと便利な物が出来てしまう今日此の頃ではありますが、それにしてもS-DISKにはマイッてしまいます。たいがい便利やねぇと思ってたところへ、さらに機能を追加すると言うのですからたまりません。まず最近流行のキャッシュディスク機能はオートアップデートまでサポートしたスグレモノ。唯でさえ高速アクセスになったところへ専用オプティマイザーまで装備してしまったものですから、これはもうとんでもない速さでハードディスクを使い込めるというわけです。　このたび最大の呼び物、仮想ディスク。初登場のこの機能は、ディスクをより効率的に使用することにより収納出来るデータ量のアップを計ろうというもの。簡単に言えば10MBのハードディスクを15MBや30MB、CGデータなんかの場合だと100MB以上もの大容量ハードディスクに変身させてしまうというありがたいものなのです。しかもこれだけ機能を追加しておいて価格は据え置きだと言うのですから、なかなか見上げた根性だというべきでしょう。ハードディスクをモリモリしたいあなたへ、ちょっと素敵なお知らせです。

P. S　ハードディスク以外になんとフロッピーディスク、メモリーディスク、更には光ディスクなんかでも仮想ディスク機能が発揮されてしまうのです。コワイデスネェ。

"グレートベン"さりげなく新登場!

S-DISK PACK内容

■S-DISK (1MB)×1 ■S-POWER×1
■専用ドライバーソフト (ベンジャミン BENJAMIN) 通称グレートベン
パック特別定価 ¥62,000

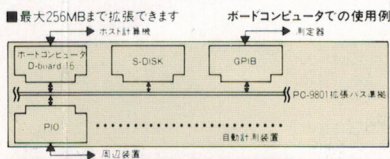
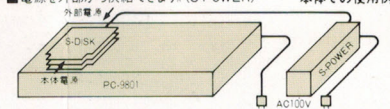
特　徴

1. パソコン本体の電源を切っても、記録データを保存します。電源は専用外部電源S-POWERの接続で、自動的にバックアップされます。
2. 従来のメモリーディスクと違い、完全なI/O装置として稼動するため、ディスク内転送アドレスのハードウェア化による高速アクセスを実現しました。パソコンのメモリー空間はプログラムのために使用してください。
3. S-DISKの高速性能で一般のディスクを使用できるキャッシュディスク機能。従来のビフォアーリード、ライトスルー等の機能に加えオートアップデート機能もサポートされています。
4. 今回最大の追加機能がこの仮想ディスク機能。ディスクの容量を見掛け上増加させるきのうです。MS-DOSのコマンドで10%～20%(コマンドによっては50%UPも可能)、CGデータ等の場合なら、300%～1,000以上の効率向上が可能です。
5. 将来を考えて、優れた拡張機能をもたせました。最大256MBまで拡張可能、しかもアクセスタイムは変化しません。もし多数の拡張ボードを実装していて電源容量がオーバーしそうなときも、外部から電源を供給できますので心配はいりません。また、それぞれのS-DISKの状態は発光ダイオードにより一目で確認出来ます。

■PC-9801E/F/M/VM/VF/U/UV/VM21/VX/XL/XA/D-board 16にて使用できます。
■リフレッシュコントロールが不要です。(PC-9801から外して使用出来ます。)
■電源を外部から供給できます。(S-POWER)　　本体での使用例

■最大256MBまで拡張できます　　ボードコンピュータでの使用例

ホスト計算機
測定器
ボードコンピュータ D-board 16
S-DISK
GPIB
PC-9801拡張バス準拠
PIO
自動計測装置
周辺装置

記憶容量

1MB/512KB 256MBまで拡張可能。

応用例

■ワープロなど、頻繁にディスクを使用する装置での不揮発の高速大容量ディスクとして。
■ディスクを使用するプログラムの高速化。
■メインメモリーが、メモリーディスクとして使用できないシステムの高速ディスクとして。
■大量の高速ディスクが必要な、画像処理など。
■自動計測装置のリアルタイムディスク装置として。
■LANなどの高速ディスクサーバーとして。
■振動など、設置条件により従来の可動式ディスクが使用出来ないシステム。
■D-board16と組合わせた、インテリジェントディスク装置。

LINE UP

■S-DISK (1MB) ············ ¥60,000
■S-DISK-512 (512KB) ············ ¥50,000
■S-POWER (専用外部電源) ············ ¥12,000
■BENJAMIN 5インチ2HD MS-DOSバージョン3.1 ············ ¥15,000

コンピュータを通じてあなたの夢をかなえる

(株)コンピュータードリームデベロプメント
〒559 大阪市住之江区安立3丁目9-13
TEL. (06) 675-5861代 FAX. (06) 675-5862

●只今販売代理店募集中!詳細はお電話で。

別冊 トランジスタ技術 SPECIAL No. 3　CQ出版社　定価1,500円　雑誌 17977-5